

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Nomeda DOBROVOLSKIENĖ

# FINANSINIŲ IŠTEKLIŲ PASKIRSTYMAS PROJEKTŲ PORTFELYJE ATSIŽVELGIANT Į DARNUMO ASPEKTUS

DAKTARO DISERTACIJA

SOCIALINIAI MOKSLAI,  
EKONOMIKA (04S)



LEIDYKLA  
Vilnius TECHNIKA 2016

Disertacija rengta 2012–2016 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

### **Vadovas**

doc. dr. Rima TAMOŠIŪNIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ekonomika – 04S).

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Ekonomikos mokslo krypties disertacijos gynimo taryba:

### **Pirmininkas**

prof. habil. dr. Romualdas GINEVIČIUS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ekonomika – 04S).

### **Nariai:**

prof. dr. Natalja LACE (Rygos technikos universitetas, ekonomika – 04S),  
dr. Viktorija STASYTYTĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ekonomika – 04S),  
prof. dr. Dalia ŠTREIMIKIENĖ (Vilniaus universitetas, ekonomika – 04S),  
prof. dr. Manuela TVARONAVIČIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ekonomika – 04S).

Disertacija bus ginama viešame Ekonomikos mokslo krypties disertacijos gynimo tarybos posėdyje **2016 m. lapkričio 11 d. 13 val.** Vilniaus Gedimino technikos universiteto senato posėdžių salėje.

Adresas: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva.

Tel.: (8 5) 274 4956; faksas (8 5) 270 0112; el. paštas doktor@vgtu.lt

Pranešimai apie numatomą ginti disertaciją išsiųsti 2016 m. spalio 11 d.

Disertaciją galima peržiūrėti VGTU talpykloje <http://dspace.vgtu.lt/> ir Vilniaus Gedimino technikos universiteto bibliotekoje (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lietuva).

VGTU leidyklos TECHNIKA 2386-M mokslo literatūros knyga

<http://leidykla.vgtu.lt>

ISBN 978-609-457-962-2

© VGTU leidykla TECHNIKA, 2016

© Nomeda Dobrovolskienė, 2016

[nomeda.dobrovolskiene@gmail.com](mailto:nomeda.dobrovolskiene@gmail.com)

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Nomeda DOBROVOLSKIENĖ

FINANCIAL RESOURCE ALLOCATION IN  
A PROJECT PORTFOLIO TAKING INTO  
ACCOUNT SUSTAINABILITY  
CONSIDERATIONS

DOCTORAL DISSERTATION

SOCIAL SCIENCES,  
ECONOMICS (04S)



LEIDYKLA  
Vilnius TECHNIKA 2016

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2012–2016.

### **Supervisor**

Assoc. Prof. Dr Rima TAMOŠIŪNIENĖ (Vilniaus Gediminas Technical University, Economics – 04S).

The Dissertation Defence Council of Scientific Field of Economics of Vilnius Gediminas Technical University:

### **Chairman**

Prof. Dr Habil. Romualdas GINEVIČIUS (Vilnius Gediminas Technical University, Economics – 04S).

### **Members:**

Prof. Dr Natalja LACE (Riga Technical University, Economics – 04S),

Dr Viktorija STASYTYTĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Economics – 04S),

Prof. Dr Dalia ŠTREIMIKIENĖ (Vilnius University, Economics – 04S),

Prof. Dr Manuela TVARONAVIČIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Economics – 04S).

The dissertation will be defended at the public meeting of the Dissertation Defence Council of Economics in the Senate Hall of Vilnius Gediminas Technical University at **1 p. m. on 11 November 2016**.

Address: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania.

Tel.: +370 5 274 4956; fax +370 5 270 0112; e-mail: doktor@vgtu.lt

A notification on the intend defending of the dissertation was send on 11 October 2016.

A copy of the doctoral dissertation is available for review at VGTU repository <http://dspace.vgtu.lt/> and at the Library of Vilnius Gediminas Technical University (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lithuania).

# Reziumė

Disertacijoje nagrinėjamas finansinių išteklių paskirstymas projektų portfelyje. Literatūros analizė atskleidė, kad šiuo metu darnumas yra vienas svarbiausių klausimų, į kurį reikia atsižvelgti priimant sprendimus įvairiuose į projektus orientuotos įmonės lygmenyse. Vis labiau įsitikinama, kad reikia sukurti priemones siekiant integruoti darnumo kriterijus į projektų portfelio valdymą, taip pat atsiranda vis didesnis žinių, kaip įdiegti darnumą projektų portfelio valdymo procese, poreikis. Šiame darbe siekiama susieti šias dvi mokslines tyrimo sritis sprendžiant finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje klausimą.

Pagrindinis disertacijos tikslas – pasitelkiant daugiakriterinius sprendimų priėmimo metodus, sukurti ir praktiškai pritaikyti finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelį, leidžiantį formuoti sprendimus, atsižvelgiant ne tik į projekto grąžą ir riziką, bet ir į darnumo aspektus. Darbe sprendžiami tokie pagrindiniai uždaviniai: siekiama sudaryti sudėtinį projekto darnumo indeksą, sukurti finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelį, integruojant darnumo indeksą į Markowitz vidurkio-dispersijos modelį, empiriškai patikrinti modelio pritaikomumą bei įvertinti darnumo poveikį portfelio grąžai. Siekiant disertacijoje užsibrėžto tikslo ir įgyvendinant uždavinius, pasitelktas statybos sektoriaus įmonės pavyzdys.

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai, bendrosios išvados, literatūros šaltinių sąrašas, autorės publikacijų disertacijos tema sąrašas. Įvade aptariama tiriamoji problema, atskleidžiamas darbo aktualumas, aprašomas tyrimų objektas, formuluojamas darbo tikslas ir uždaviniai, aprašoma tyrimų metodika, išryškintas mokslinis naujumas bei darbo praktinė reikšmė. Pirmame skyriuje analizuojamos projektų portfelio valdymo ir darnumo apibrėžtys, pateikiama išteklių paskirstymo bei projektų atrankos metodų, kriterijų ir modelių apžvalga, nagrinėjamas darnumo ir projektų portfelio valdymo ryšys. Antrame skyriuje teikiamos darnumo integravimo paskirstant finansinius išteklius projektų portfelyje teorinės prielaidos. Trečiame skyriuje aprašomas finansinių išteklių paskirstymo modelis, įvertinamas jo pritaikomumas. Disertacijos pabaigoje pateikiamos bendrosios viso darbo išvados.

Disertacijos tema paskelbta 10 mokslinių straipsnių, perskaityti 6 pranešimai mokslinėse konferencijose.

# Abstract

The doctoral dissertation examines financial resource allocation in a project portfolio. The literature analysis revealed that today sustainability is one of the most important issues that need to be taken into account in decision-making process at different levels of project-oriented organisation. There is an increasing awareness that tools need to be developed to integrate sustainability criteria into project portfolio management; moreover, there is a growing need of knowledge how to incorporate sustainability into the project portfolio management process. The present paper aims at linking these two areas of scientific research for addressing financial resource allocation in a project portfolio.

The primary aim of the present dissertation is to develop, by applying multi-criteria decision-making methods, and put into practice a model of financial resource allocation in a project portfolio that would allow making decisions, taking into account not only the project's return and risk but also sustainability considerations. The paper pursues the following main objectives: to construct a composite sustainability index of a project, to develop a model of financial resource allocation in a project portfolio by integrating the sustainability index into Markowitz's mean-variance model, to verify empirically the practicability of the model, and to assess the impact of sustainability on the return of a portfolio. To achieve the aim of the dissertation and to accomplish the tasks, a construction company was chosen as an example.

The present dissertation consists of the introduction, three chapters, general conclusions, references, and list of scientific publications by the author on the topic of the dissertation. The introduction presents the problem, reveals the relevance of the work, describes the object of the research, formulates the aim and objectives of the thesis, recites research methodology, and highlights the scientific novelty and practical value of the research. The first chapter analyses the definitions of project portfolio management and sustainability, gives an overview of resource allocation and project selection methods, criteria and models, as well as examines the relationship between sustainability and project portfolio management. The second chapter presents theoretical grounds for the integration of sustainability into financial resource allocation in a project portfolio. The third chapter details a financial resource allocation model, and verifies its practicability. Finally, the overall findings are summarised at the end of the thesis.

10 scientific articles have been published on the topic of the present dissertation, 6 presentations were made at scientific conferences.

---

# Žymėjimai

## Santrumpos

AHP – analitinis hierarchijos procesas (angl. *Analytic Hierarchy Process*);

APM – projektų valdymo asociacija (angl. *Project Management Association*);

ARAS – adityvinis kriterijų santykių įvertinimo metodas (angl. *Additive Ratio ASsesment*);

COPRAS – daugiatis kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas (angl. *Method of Multiple Criteria Complex Proportional Assessment*);

CSIP – sudėtinis projekto darnumo indeksas (angl. *Composite Sustainability Index of a Project*);

CVaR – sąlyginė rizikuojamoji vertė (angl. *Conditional Value at Risk*);

DEA – duomenų apgaubties analizė (angl. *Data Envelopment Analysis*);

ELECTRE – eliminavimo ir alternatyvų metodas (angl. *Elimination and Choice Translating Reality*);

IPMA – Tarptautinė projektų valdymo asociacija (angl. *International Project Management Association*);

IRR – vidinė pelno norma (angl. *Internal Rate of Return*);

MADM – daugelį veiksnių įvertinantis sprendimų priėmimas (angl. *Multiple Attribute Decision Making*);

MAUT – daugelį veiksnių įvertinanti naudingumo teorija (angl. *Multi Attribute Utility Theory*);

MCDM – daugiakriterinis sprendimų priėmimas (angl. *Multiple Criteria Decision Making*);

MODM – daugiatis sprendimų priėmimas (angl. *Multiple Objective Decision Making*);

MOORA – metodas, grindžiamas daugiaktikslio optimizavimo santykių dydžių analize (angl. *Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis*);

NPV – grynoji dabartinė vertė (angl. *Net Present Value*);

PB – atsipirkimo laikotarpis (angl. *Payback Period*);

PMBOK – projektų valdymo žinynas (angl. *Project Management Body of Knowledge*);

PMI – projektų valdymo institutas (angl. *Project Management Institute*);

PRiSM – darnumu paremti projektų įgyvendinimo metodai (angl. *Projects integrating Sustainable Methods*);

ROI – investicijų grąža (angl. *Return on Investment*);

SAW – paprastasis adityvus svorių metodas (angl. *Simppler Additive Weighting*);

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos (angl. *Greenhouse Gas*);

TOPSIS – artumo idealiajam taškui metodas (angl. *Technique for the Order Preference by Similarity to Ideal Solution*);

VaR – rizikuojamoji vertė (angl. *Value at Risk*);

VIKOR – kompromisinis rangavimo metodas (angl. *Compromise Ranking Method*).



---

# Turinys

IVADAS .....	1
Problemos formulavimas .....	1
Darbo aktualumas .....	2
Tyrimų objektas .....	2
Darbo tikslas .....	3
Darbo uždaviniai .....	3
Tyrimų metodika .....	3
Darbo mokslinis naujumas .....	4
Darbo rezultatų praktinė reikšmė .....	4
Ginamieji teiginiai .....	4
Darbo rezultatų aprobavimas .....	5
Disertacijos struktūra .....	6
1. PROJEKTŲ PORTFELIO VALDYMO IR DARNUMO TARPUSAVIO SĄSAJA .....	7
1.1. Projektų portfelio valdymas – įmonės strategijos įgyvendinimo priemonė .....	7
1.1.1. Projektų portfelio apibrėžtis .....	8
1.1.2. Projektų portfelio valdymo ištakos .....	9
1.1.3. Projektų portfelio valdymo apibrėžčių įvairovė .....	10
1.2. Projektų portfelio sudarymas ir išteklių paskirstymas – pagrindinės projektų portfelio valdymo sritys .....	13
1.2.1. Įvairių metodų taikymas kuriant projektų portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo modelius .....	14

1.2.2. Projektų atrankos kriterijai.....	20
1.2.3. Projektų portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo modelių įvairovė .....	23
1.3. Darnumu paremtas projektų portfelio valdymas .....	26
1.3.1. Darnumo ir darnaus vystymosi samprata.....	26
1.3.2. Darnumo kriterijų integravimas į projektų portfelio valdymą .....	30
1.4. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas .....	34
 2. DARNUMO KRITERIJŲ INTEGRAVIMO Į FINANSINIŲ IŠTEKLIŲ PASKIRSTYMĄ TEORINIAI PAGRINDAI .....	37
2.1. Į darnumą orientuoto finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje sistema .....	37
2.2. Darnumo indeksas – veiksminga darnumo vertinimo priemonė .....	40
2.2.1. Daugiakriterinių sprendimų priėmimo metodų taikymo galimybės sudarant sudėtinį projekto darnumo indeksą .....	42
2.2.2. Sudėtinio projekto darnumo indekso sudarymo metodika .....	45
2.3. Modernioji portfelio teorija ir jos raida .....	50
2.3.1. Modernioji portfelio teorija .....	52
2.3.2. Moderniosios portfelio teorijos plėtojimo kryptys.....	53
2.4. Daugiakriterinių sprendimų priėmimo metodų taikymas sprendžiant portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo klausimus .....	55
2.4.1. Daugiatikslis optimizavimas .....	56
2.4.2. Daugiatikslio optimizavimo uždavinių įvairovė .....	59
2.5. Antrojo skyriaus išvados .....	63
 3. FINANSINIŲ IŠTEKLIŲ PASKIRSTYMO PROJEKTŲ PORTFELYJE MODELIO SUDARYMAS IR PATIKRINIMAS .....	65
3.1. Tiriamojo atvejo parinkimas ir apibūdinimas .....	65
3.2. Sudėtinio projekto darnumo indekso sudarymas .....	69
3.3. Finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelis.....	80
3.3.1. Moderniosios portfelio teorijos pritaikymas .....	81
3.3.2. Trijų tikslų projektų portfelio optimizavimas .....	83
3.4. Eksperimentinis modelio patikrinimas .....	84
3.5. Darnumo poveikio portfelio grąžai vertinimas .....	87
3.6. Tyrimo plėtojimo galimybės .....	89
3.7. Trečiojo skyriaus išvados .....	90
 BENDROSIOS IŠVADOS .....	91
 LITERATŪRA IR ŠALTINIAI.....	93
 AUTORĖS MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS.....	117
 SUMMARY IN ENGLISH.....	119

PRIEDAI *	135
A priedas. Optimalūs projektu portfeliai .....	135
B priedas. Bendraautorės sutikimas teikti publikacijų medžiagą disertacijoje .....	137
C priedas. Autorės mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos .....	138

---

\* Priedai pateikiami pridėtoje kompaktinėje plokštelėje



---

# Contents

INTRODUCTION .....	1
Problem formulation.....	1
Relevance of the thesis .....	2
Object of the research.....	2
Aim of the thesis.....	3
Objectives of the thesis.....	3
Research methodology .....	3
Scientific novelty of the thesis .....	4
Practical value of research findings.....	4
Statements to be defended .....	4
Approval of research findings .....	5
Structure of the thesis .....	6
1. INTERRELATION BETWEEN PROJECT PORTFOLIO MANAGEMENT AND SUSTAINABILITY .....	7
1.1. Project portfolio management: a tool to implement the company's strategy.....	7
1.1.1. Definition of a project portfolio .....	8
1.1.2. The origin of project portfolio management .....	9
1.1.3. A variety of definitions of project portfolio management. ....	10
1.2. Project portfolio selection and resource allocation – the main areas in project portfolio management .....	13

1.2.1. Application of various methods in developing project portfolio selection and resource allocation models .....	14
1.2.2. Project selection criteria.....	20
1.2.3. A variety of project portfolio selection and resource allocation models .....	23
1.3. Sustainability-based project portfolio management .....	26
1.3.1. Concepts of sustainability and sustainable development .....	26
1.3.2. Integration of sustainability criteria into project portfolio management .....	30
1.4. Conclusions of chapter 1 and formulation of objectives .....	34
 2. THEORETICAL GROUNDS FOR THE INTEGRATION OF SUSTAINABILITY CRITERIA INTO FINANCIAL RESOURCE ALLOCATION .....	 37
2.1. A framework of sustainability-oriented financial resource allocation in a project portfolio .....	37
2.2. A sustainability index: an effective tool to measure sustainability.....	40
2.2.1. Possible applications of multi-criteria decision-making methods in constructing a composite sustainability index of a project .....	42
2.2.2. A methodology for constructing a composite sustainability index of a project.....	45
2.3. Modern portfolio theory and its evolution .....	50
2.3.1. Modern portfolio theory.....	52
2.3.2. Directions of modern portfolio theory development .....	53
2.4. Application of multi-criteria decision-making methods for the purpose of portfolio selection and resource allocation .....	55
2.4.1. Multi-objective optimisation.....	56
2.4.2. A variety of multi-objective optimisation problems .....	59
2.5. Conclusions of chapter 2 .....	63
 3. CONSTRUCTION AND TESTING OF A MODEL OF FINANCIAL RESOURCE ALLOCATION IN A PROJECT PORTFOLIO.....	 65
3.1. Selection and description of a case study .....	65
3.2. Construction of a composite sustainability index of a project .....	69
3.3. A model of financial resource allocation in a project portfolio .....	80
3.3.1. Adaptation of modern portfolio theory .....	81
3.3.2. Three-objective project portfolio optimisation .....	83
3.4. An experimental trial of the model .....	84
3.5. Assessment of the impact of sustainability on the return of a portfolio .....	87
3.6. Possibilities for further research .....	89
3.7. Conclusions of chapter 3 .....	90
 GENERAL CONCLUSIONS .....	 91
 REFERENCES .....	 93
 LIST OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS BY THE AUTHOR ON THE TOPIC OF THE DISSERTATION.....	 117

SUMMARY IN ENGLISH.....	119
ANNEXES* .....	135
Annex A. Optimal project portfolio .....	135
Annex B. The co-authors' agreements to provide published material in the thesis....	137
Annex C. Copies of scientific publications by the author on the topic of the dissertation.....	138

---

\* The annexes are available in the CD attached to the dissertation





---

# Įvadas

## Problemos formulavimas

Vyraujant dabartinėms ekonominėms sąlygoms ir konkurencinei aplinkai, dauguma įmonių buvo priverstos savo veikloje įdiegti projektų portfelio valdymą. Dėl šios priežasties tapo ypač svarbu pasirinkti pelningus projektus ir optimaliai paskirstyti jiems skirtus išteklius.

Finansinių išteklių skirstymas projektų portfelyje yra sudėtingas sprendimų priėmimo procesas, kuriam įtaką daro daugybė dažnai vienas kitam prieštaraujančių tikslų. Be to, įmonės vis dažniau patiria didelį socialinį spaudimą į sprendimų priėmimo procesą integruoti darnumo elementus, dėl to šis procesas tampa dar sudėtingesnis. Šiuo metu daugelis įmonių, formuluodamos savo misiją ir strategiją, plačiai taiko darnumo sąvoką. Be to, tai yra viena populiariausių mokslininkų tyrimų sričių. Tačiau nors darnumas laikomas vienu svarbiausių šių laikų uždavinių, jo integravimas į projektų arba projektų portfelio valdymą (ypač į finansinių išteklių paskirstymą) nėra visapusiškai pripažintas. Taikant esamus projektų portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo modelius, į darnumą neatsižvelgiama. Modernioji portfelio teorija, pagal kurią investuotojai turi vienintelį tikslą – kad turtas, kurio jie tikisi ateityje, būtų maksimalus, darniai besivystančiai įmonei siūlo tik dalinį sprendimą.

Todėl formuluojama mokslinio darbo problema – kaip, atsižvelgiant ne tik į finansinius aspektus, bet ir į darnumą, efektyviai paskirstyti finansinius išteklius projektų portfelyje.

## **Darbo aktualumas**

Šiuo metu yra aktualūs tiek darnumas, tiek projektų portfelio valdymas. Vis labiau ryšiais tarp šių dviejų mokslinių tyrimų sričių domisi ir mokslininkai, ir praktikai. Darnumas yra vienas svarbiausių klausimų, į kurį reikia atsižvelgti priimant sprendimus skirtinguose į projektus orientuotos įmonės lygmenyse. Siekiant įmonės tikslų, tai turi būti integruota projekto ir projektų portfelio dalis. Atsižvelgdamos į gausėjančias visuotines aplinkos apsaugos problemas, įmonės pripažįsta, kad atėjo metas pokyčiams, toliau dirbti kaip įprasta – ne išeitis. Projektai yra tinkamiausia priemonė įgyvendinti pokyčius įmonėse. Trečdalis pasaulio bendrojo vidaus produkto sukurama įgyvendinant projektus (Økland 2015), todėl labai svarbu į juos įtraukti darnumo aspektus. Ir šiuo atveju projektų portfelio valdymas galėtų prie to svariai prisidėti. Tačiau dabartiniuose projektų portfelio valdymo standartuose iš esmės neskiriama dėmesio darnumo klausimams, jie nesuteikia projektų vadovams būtinų priemonių, kad šie galėtų integruoti darnumą į projektų portfelio valdymą ir veiklą. Šiuo metu vis labiau suprantama, kad reikia sukurti metodus, priemones siekiant integruoti darnumo kriterijus į projektų portfelio valdymą, taip pat atsiranda vis didesnis žinių, kaip įdiegti darnumą projektų portfelio valdymo procese, poreikis. Todėl disertacijoje siekiama didinti supratimą apie projektų portfelio valdymą ir galimą darnumo integravimą į vieną pagrindinių projektų portfelio valdymo sričių – finansinių išteklių paskirstymą.

Disertacijoje nagrinėjami aktualūs finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje klausimai. Pasiūlytas galimas finansinių išteklių paskirstymo modelis leistų įmonėms vykdyti tinkamus (darnius) projektus, o tai galėtų prisidėti prie darnaus įmonių vystymosi ir konkurencinio pranašumo didinimo.

## **Tyrimų objektas**

Disertacijoje tiriamas finansinių išteklių paskirstymas projektų portfelyje.

## Darbo tikslas

Sukurti ir praktiškai pritaikyti finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelį, leidžiantį formuoti sprendimus, atsižvelgiant ne tik į projekto grąžą ir riziką, bet ir į darnumo aspektus.

## Darbo uždaviniai

1. Išnagrinėti mokslinę literatūrą apie projektų portfelio valdymą ir išteklių paskirstymą projektų portfelyje. Išanalizuoti dviejų mokslinių tyrimų sričių – projektų portfelio valdymo ir darnumo – santykį.
2. Išsiaiškinti skirtingų mokslo šakų (ekonomikos, matematikos, informatikos) ir mokslinių tyrimo krypčių (moderniosios portfelio teorijos ir darnumo) sinergijos galimybes, siekiant gauti kokybiškai naują finansinių išteklių paskirstymo priemonę.
3. Sudaryti sudėtinį projekto darnumo indeksą, panaudojant daugiakriterinius sprendimo priėmimo metodus.
4. Integruoti sudėtinį projekto darnumo indeksą į Markowitz vidurkio-dispersijos modelį.
5. Patikrinti modelio pritaikomumą, atliekant empirinį tyrimą pasirinktoje įmonėje, ir įvertinti darnumo integravimo į finansinių išteklių paskirstymą projektų portfelyje poveikį finansiniam portfelio rezultatui.

## Tyrimų metodika

Siekiant įgyvendinti darbe numatytus uždavinius, pasitelkta mokslinių šaltinių analizė, lyginimas, sintezė ir apibendrinimas. Sudarant sudėtinį projekto darnumo indeksą, panaudoti daugiakriteriniai sprendimų priėmimo metodai (MCDM): ekspertų apklausa, grupės nuomonių suderinamumo ir patikimumo įvertinimas, subjektyvusis svorių suteikimas, atskaitos vertės metodas, paprastasis adityvus svorių metodas (SAW). Atliekant finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje galimybių analizę, naudotas daugiatikslis optimizavimas. Darnumo poveikis projektų portfelio grąžai įvertintas atliekant matematinę-statistinę analizę.

## Darbo mokslinis naujumas

1. Pasiūlyta finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje priemonė, leidžianti priimti sprendimus, atsižvelgiant ne tik į projekto grąžą ir riziką, bet ir į projekto darnumą, t. y. projekto poveikį aplinkai ir visuomenei.
2. Sukurtas finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelis suteikia galimybę kiekybiškai įvertinti darnumo poveikį projektų portfelio grąžai ir portfelio struktūrai.
3. Nustatyti darnumo kriterijai, svarbūs statybos sektoriaus įmonėms vertinant projekto darnumo lygį, ir sudarytas sudėtinis projekto darnumo indeksas.

## Darbo rezultatų praktinė reikšmė

Tiek pasiūlytas finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelis, tiek sudėtinis projekto darnumo indeksas galėtų būti naudojami kaip dvi savarankiškos priemonės, padedančios priimti sprendimus atitinkamuose sprendimų priėmimo etapuose.

Finansinių išteklių paskirstymo modelis galėtų būti naudojamas paskirstant finansinius išteklius projektų portfelyje statybos sektoriaus įmonėse. Tačiau padarius tam tikrų pakeitimų (t. y. pasiūlytą sudėtinį projekto darnumo indeksą, skirtą vertinti statybos projekto darnumo lygį, pakeitus kitu indeksu, skirtu vertinti kito ekonomikos sektoriaus projekto darnumo lygį), modelis galėtų būti naudojamas paskirstant finansinius išteklius ir kituose ekonomikos sektoriuose veikiančiose įmonėse. Taigi, siūlomas modelis padėtų įmonėms ne tik valdyti riziką ir siekti didesnės grąžos, bet ir leistų vykdyti darnius projektus, taip skatinant didesnę aplinkosauginę atsakomybę ir rūpinantis būsimą kartą gerove.

Sudėtinis projekto darnumo indeksas galėtų būti naudingas vertinant statybos sektoriaus projektų darnumą. Statybos įmonės, taikančios darnaus vystymosi principus, sistemingai naudodamos šį indeksą galėtų palyginti projektus ir priimti racionalius sprendimus dėl finansinių išteklių paskirstymo.

## Ginamieji teiginiai

1. Finansinių išteklių paskirstymui projektų portfelyje tikslingai pritaikius daugiakriterinius sprendimų priėmimo metodus ir į Markowitz vidurkio-dispersijos modelį tinkamai integravus sudėtinį projekto

darnumo indeksą, galima sukurti patikimą, į darnumą orientuotą finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelį.

2. Darnumas yra vienas svarbiausių klausimų, į kurį reikia atsižvelgti priimant sprendimus dėl finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje.
3. Sudėtinis projekto darnumo indeksas gali būti sėkmingai taikomas vertinant projekto darnumą.
4. Tinkamai pritaikius daugiakriterinius sprendimų priėmimo metodus, galima sukurti patikimą sudėtinį projekto darnumo indeksą.
5. Modelio patikrinimas įmonėje leidžia geriausiai įvertinti finansinių išteklių paskirstymo priemonę ir suteikia informacijos apie darnumo poveikį finansiniam projektų portfelio rezultatui.

## Darbo rezultatų aprobavimas

Disertacijos tema paskelbta 10 mokslinių straipsnių: du publikuoti mokslo žurnaluose, įtrauktuose į *Thomson ISI Web of Science* duomenų bazę (Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2016), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2016a)); vienas – į *Thomson ISI Proceedings* duomenų bazę (Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2014a)); trys – mokslo žurnaluose, cituojamuose kitose duomenų bazėse (Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2015), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2014), Tamošiūnienė, Dobrovolskienė (2013)); trys – recenzuojamose tarptautinių konferencijų medžiagoje (Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2014b), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2013a), Tamošiūnienė, Dobrovolskienė (2013b)); vienas – recenzuojamoje Lietuvos konferencijos medžiagoje (Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2014c)). Perskaityti 5 pranešimai tarptautinėse ir 1 Lietuvos konferencijose:

- 4-ojoje tarptautinėje mokslinėje konferencijoje „Project management development – practice and perspectives“ 2015, Rygoje, pranešimas anglų kalba „Sustainability-Oriented Financial Resource Allocation in a Project Portfolio“.
- 8-ojoje tarptautinėje mokslinėje konferencijoje „Business and Management 2014“ 2014, Vilniuje, pranešimas anglų kalba „The use of resource allocation tools in project portfolio management: Lithuanian case“.
- 3-iojoje tarptautinėje mokslinėje konferencijoje „Project management development – practice and perspectives“ 2014, Rygoje, pranešimas anglų kalba „Resource allocation in the project portfolio: a review of quantitative models“.

- 17-ojoje Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis“ 2014, Vilniuje, pranešimas lietuvių kalba „Projektų atranka ir išteklių paskirstymas verslo projektų portfelyje: mokslinės literatūros apžvalga“.
  - Tarptautinėje mokslinėje konferencijoje „UNITECH’13 Gabrovo“ 2013, Gabrove, pranešimas anglų kalba ”Project management maturity assessment in Lithuania“.
  - XI-ojoje tarptautinėje mokslinėje konferencijoje „Management and engineering’13“ 2013, Sozopolyje, pranešimas anglų kalba „Interpretation of project portfolio management in the researches of the last decade“.
- Disertacijos rezultatai pristatyti 4 doktorantų moksliniuose seminaruose.

## **Disertacijos struktūra**

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai, bendrosios išvados, literatūros sąrašas, publikacijų sąrašas ir priedai. Bendra darbo apimtis – 135 puslapiai, kuriuose pateikta 12 paveikslų, 19 lentelių ir 35 formulės. Rašant disertaciją buvo panaudoti 338 literatūros šaltiniai.

---

## Projektų portfelio valdymo ir darnumo tarpusavio sąsaja

Šiame skyriuje apžvelgiama mokslinė literatūra apie projektų portfelio valdymą, pateikiama išteklių paskirstymo bei projektų atrankos metodų, kriterijų ir modelių įvairovė. Taip pat šiame skyriuje siekiama įsigilinti į darnumo sampratą bei išsiaiškinti darnumo ir projektų portfelio valdymo santykį. Šio skyriaus tyrimų rezultatai buvo paskelbti aštuoniuose moksliniuose straipsniuose: Tamošiūnienė, Dobrovolskienė (2013), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2013a), Tamošiūnienė, Dobrovolskienė (2013b), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2014), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2014a), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2014b), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2014c), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2015).

### 1.1. Projektų portfelio valdymas – įmonės strategijos įgyvendinimo priemonė

Siekdamos įgyti konkurencinį pranašumą ir įgyvendinti savo strategiją, įmonės dažnai vykdo kelis projektus. Vieni projektai gali būti susiję su produkto tobulinimu ir rinkodara, kiti gali būti vykdomi siekiant pakeisti strategiją, diegti naujas informacinių technologijų sistemas ar keisti darbo procesus. Dauguma organiza-

cijų paprastai nori įgyvendinti daugiau projektų, nei turi tam reikalingų išteklių (Blichfeld, Eskerod 2008). Todėl atsiranda projektų portfelio valdymo būtinybė. Sumanus projektų portfelio valdymas organizacijai duoda daugiau naudos nei pavienio projekto valdymas (Čiutienė, Neverauskas 2011).

Projektų portfelio valdymas – palyginti nauja projektų valdymo sritis. Projektų portfelio valdymą galima pritaikyti visose organizacijose, visų rūšių projektams visose ekonomikos ar su ekonomika nesusijusiose srityse (Petrovic *et al.* 2006). Per pastarąjį dešimtmetį nemažai įmonių savo veikloje pritaikė projektų portfelio valdymo struktūrą, ėmė taikyti projektų vertinimo kriterijus (Martinsuo, Poskela 2011), taip pat pradėjo naudoti kitas savo projektų portfelio valdymo formalizavimo priemones (Teller *et al.* 2012). Dėl to poreikis taikyti projektų portfelio valdymą dar labiau padidėjo. Per pastaruosius penkiolika–dvidešimt metų skelbta vis daugiau publikacijų apie projektų portfelio valdymą (Ebbesen, Hope 2013, Brook, Pagnanelli 2014, Silvius, Schipper 2014, Daneshpour 2015, Økland 2015, Marcelino-Sadaba *et al.* 2015, Johnson *et al.* 2016). Analizuojami projektų portfelio valdymo tikslai, procesas, portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo klausimai (Litvinchev *et al.* 2011, Gutjahr, Froeschl 2013, Cruz *et al.* 2014, Arasteh *et al.* 2014, Johnson *et al.* 2016). Projektų portfelio valdymas tapo ypač svarbia projektų valdymo teorijos dalimi, buvo pripažinta ir jo ekonominė svarba (Hoffmann *et al.* 2007, Hope, Moehler 2014). Hoffmann *et al.* (2007) dar labiau pabrėžė projektų portfelio svarbą, prognozuodami, kad, pavyzdžiui, 2020 m. dėl projektų valdymo Vokietijoje bus sukurta 15 proc. pridėtinės vertės, lyginant su 2 proc. 2007 m.

### 1.1.1. Projektų portfelio apibrėžtis

Mokslinėje literatūroje galima rasti daugybę projekto ir projektų portfelio apibrėžčių. Anot Feng *et al.* (2011), projektas yra priemonė strateginiams tikslams įgyvendinti. Projektų valdymo institutas (PMI 2013) projektą apibrėžia kaip laikiną pastangą, kurios imamas, kad būtų sukurtas unikalūs produktas ar paslauga. Organizacijos, įgyvendindamos keletą projektų vienu metu, sudaro projektų portfelį. Grupė projektų, kurie yra vykdomi juos remiant ir administruojant, gali būti apibrėžiami kaip projektų portfelis (Archer, Ghasemzadeh 1999). Projektai, esantys projektų portfelyje, konkuruoja dėl ribotų organizacijos išteklių (Meskendahl 2010) ir yra grupuojami taip, kad efektyviai juos valdant, būtų įgyvendinta organizacijos strategija (Patanakul, Milosevic 2009, Arasteh *et al.* 2014). Anot Tavana *et al.* (2015), projektų portfelis yra tam tikrai organizacijai sudarytas projektų rinkinys. Projektams paprastai tenka varžytis dėl ribotų išteklių (žmogiškųjų, finansinių ir laiko).



Kalbant apie pačios sąvokos „*portfelis*“ reikšmę, galima rasti daugybę posakių, kuriuose jungiamasis žodis yra portfelis (Lapinskaitė 2013). Be projektų portfelio apibrėžties, gali būti (vyriausybės) portfelis – vyriausybės padalinio vadovo postas ir atsakomybė; karjeros portfelis – organizuotas asmens išsilavinimo, darbo pavyzdžių ir įgūdžių pateikimas; elektroninis portfelis – elektroninių duomenų rinkinys; patentų portfelis – vieno subjekto turimų patentų rinkinys ir t. t. Rutkauskas *et al.* (2007) portfelį apibrėžia kaip tam tikro turto, išipareigojimų ar kitų dalykų rinkinį, sukurtą tam tikram tikslui pasiekti.

Šiame darbe *projektų portfelis* apibrėžiamas kaip projektų visuma, sujungta tam, kad būtų įgyvendinta organizacijos strategija.

### 1.1.2. Projektų portfelio valdymo ištakos

XX ir XXI amžių sandūroje ir teoretikai, ir praktikai suprato, koks svarbus yra projektų portfelio valdymas. Tačiau pati portfelio sąvoka atsirado dar 1952 m., kai Nobelio premijos laureatas, ekonomistas Markowitz paskelbė straipsnį „Portfolio Selection“ („Portfelio parinkimas“), kuriuo padėjo moderniosios portfelio teorijos pagrindus. Markowitz laikomas portfelio teorijos pradininku, nes pirmasis paskelbė teoriją, kurioje atsižvelgė į matematinius rizikos ir pelningumo santykio charakteristikų aspektus. Portfelyje turi būti optimaliai subalansuota rizika ir pelningumas, ką Markowitz pavadino efektyviaja portfelio riba (išsamiau su moderniąja portfelio teorija ir jos raida supažindinama 2.3 skirsnyje).

Stambios pramonės įmonės susidūrė su tokiais pačiais sunkumais kaip ir finansiniai investuotojai. Kad galėtų maksimaliai padidinti savo pajamas, esant tam tikram rizikos ir neapibrėžtumo lygiui, joms reikėjo rinktis, į kokį produktą investuoti. Kai kurios optimalaus portfelio teorijos koncepcijos buvo taikomos rinkodaros ir produktų valdymo srityse. Vienas žinomiausių būdų – tai Bostono matrica, kurią 1970 m. bendrovė „Boston Consulting Group“ sukūrė siekdama nustatyti, kurioje matricos vietoje skirtingi tam pačiam portfeliui priklausantys produktai yra dviejų koordinatinių ašių – rinkos augimo tempo ir santykinės rinkos dalies – atžvilgiu (Coate 1983, Grünig, Kühn 2015). Strategija buvo pagrįsta idėja, kad iš „melžiamų karvių“, t. y. produktų, kurie užima didelę rinkos dalį ir kuriems būdingas lėtas rinkos augimo tempas, būtų gaunama pakankamai pelno akcininkams patenkinti, ir tai leistų investuoti į „žvaigždes“, t. y. produktus, kuriems būdingas spartus rinkos augimo tempas ir kurie užima didelę rinkos dalį, bei į „klaustukus“, t. y. produktus, kuriems būdingas spartus rinkos augimo tempas ir kurie užima mažą rinkos dalį, tam, kad būtų užtikrintos pajamos ateityje. Taip buvo suformuota produktų portfelio valdymo koncepcija.

XX a. aštuntajame dešimtmetyje moksliniais tyrimais ir technologine plėtra užsiimančios įmonės pamažu ėmė kurti įvairius kiekybinius sprendimų priėmimo modelius, padedančius pasirinkti projektus bei leidžiančius išspręsti išteklių

paskirstymo projektams klausimą, taip padedant pasiekti strateginius įmonės tikslus (Petit, Hobbs 2010). 1981 m. F. McFarlan projektų portfelio valdymo idėją pritaikė informacinių technologijų projektams. Jis pasiūlė individualių projektų ir projektų portfelių rizikos vertinimo priemones.

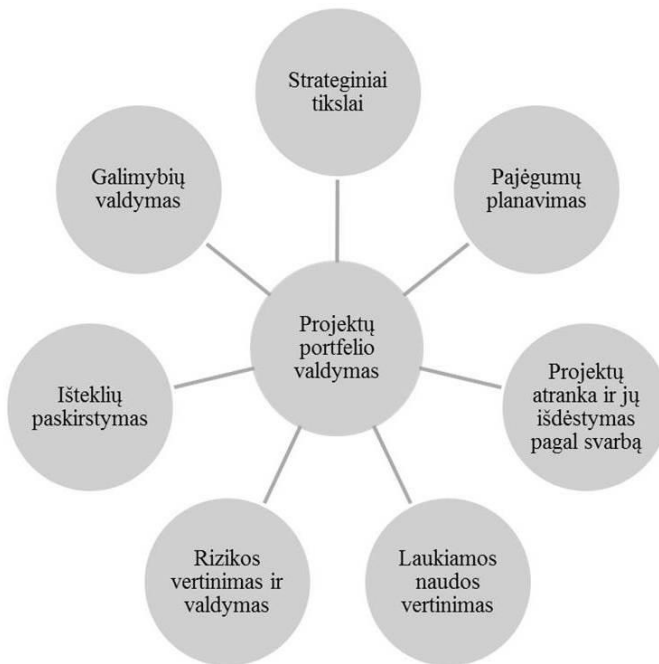
XX a. dešimtojo dešimtmečio pradžioje labai padidėjo susidomėjimas projektų portfelio valdymu. Atlikta daugybė tyrimų, kurių dėmesio centre buvo portfelio vertinimo ir prioritetų nustatymo priemonės bei būdai (Hall, Nauda, 1990, Henriksen, Traynor 1999), išteklių valdymas (Hendriks *et al.* 1999, Hansen *et al.* 1999), į portfelį orientuoto produkto tobulinimo proceso valdymas (Cooper *et al.* 1997). Kai kurie autoriai labiau akcentavo valdymą pagal projektus arba daugiaprojektį valdymą (Anavi-Isakow, Golany 2003, Zika-Viktorsson *et al.* 2006). Pagrindinė idėja šiuo atveju yra ta, kad įmonės, siekdamos būti konkurencingos, turi ne tik sėkmingai valdyti pavienius projektus – joms reikia ir didžiąją savo ūkinės veiklos dalį valdyti per projektus.

Vėliau projektų portfelio valdymo koncepcija buvo išplėta į pasaulinius standartus. 2006 m. Projektų valdymo institutas (PMI 2006) išleido Portfelio valdymo standartą. Jo paskirtis – sutelkti dėmesį į „portfelio valdymą, nes juo susiejamas projektų ir programų valdymas“ ir jis taikomas visų rūšių organizacijoms. Visa tai leido suformuoti bendrą supratimą apie projektų portfelio valdymą ir apie projektų portfelio valdymo apibrėžtį.

### 1.1.3. Projektų portfelio valdymo apibrėžčių įvairovė

Projektų portfelio valdymo apibrėžtis aprėpia pagrindines įmonės veiklos sritis ir projektus. Faktiškai ji tarpusavyje suderina projektus, strategijas ir kitą organizacinę veiklą (Madic *et al.* 2011). Projektų portfelio valdymas – tai meistriškumas vykdant projektus taikyti žinių, įgūdžių, priemonių ir metodų rinkinį, siekiant patenkinti arba pranokti organizacijos investavimo strategijos poreikius ir lūkesčius (Pennypacker, Dye 2002). Anot Levine (2005), projektų portfelio valdymas – tai sistemos, apjungiančios projektus ir veiklą, branduolys. Tai kompleksinio procesų, kurie reiškia ir veiklos, ir projektų funkcijas, rinkinio pagrindas. Kartu tai ir variklis, skatinantis kurti projekto rezultatus siekiant stiprinti bendrą įmonės būklę.

Mokslinėje literatūroje randama daug įvairių projektų portfelio valdymo apibrėžčių, tačiau kai kurie autoriai daro išvadą, kad pati apibrėžtis suprantama nevienodai (Morris, Jamieson 2005, Milosevic, Srivannaboon 2006, Killen, Hunt 2013). Autoriai sutelkia dėmesį į skirtingus apibrėžties aspektus (1.1 pav.).



**1.1 pav.** Projektų portfelio valdymo branduolys (šaltinis: autorė)

**Fig. 1.1.** Project portfolio management core (source: author)

Projektų valdymo institutas (PMI) 2013 m. išleistame standarte projektų portfelio valdymą apibrėžia kaip „koordinuotą vieno ar kelių portfelių valdymą siekiant įgyvendinti organizacijos strategijas ir tikslus“. Šiame apibrėžime akcentuojamas ir valdymas, ir strategijos įgyvendinimas. Projektų valdymo asociacija (APM) savo PMBOK (angl. *Project Management Body of Knowledge*) 5-ajame leidime teigia, kad „portfelio valdymas – tai visų organizacijos projektų, programų ir susijusios įprastinės ūkinės veiklos pasirinkimas ir valdymas, atsižvelgiant į ribotus išteklius“ (APM 2010). Ši apibrėžtis reiškia, kad projektų portfelio valdymas yra tik įvairių projektų valdymas esant tam tikriems išteklių apribojimams. Jis nenurodo, kaip šių projektų valdymas yra susijęs su organizacijos strategija, ir neatskleidžia, kaip rasti tokių optimalių projektų portfelį, kuris leistų ją įgyvendinti.

Vienas pagrindinių projektų portfelio valdymo tikslų – suteikti vadovams būtiną informaciją, kuri leistų nuspręsti, ar strateginis tikslas yra paremtas tinkamu projektų rinkiniu. Todėl, jei organizacija nori gauti pageidaujamą rezultatą, reikia nuosekliai taikyti projektų atrankos ir jų išdėstymo pagal svarbą kriterijų. Rajegopal *et al.* (2007) projektų portfelio valdymą apibrėžia kaip „projektų ir programų, į kuriuos įmonė investuoja siekdama įgyvendinti savo strategiją, rin-

kinio valdymą“. Yuming *et al.* (2007) atkreipia dėmesį, kad projektų portfelio valdymas tampa priemone, „kuria meistriškai sukurta strategija aiškiai perkeliama į įgyvendinamą įmonės išteklių panaudojimo planą, joje numatoma, kokius metodus ir procesus reikia taikyti, kad nuo pat viršaus iki apačios įmonė darniai veiktų, ir kokių gebėjimų reikia siekiant bei užtikrinant tą darną, kad strategija taptų visai įmonei bendros vertės ir įsipareigojimo pagrindu“. Šia apibrėžtimi akcentuojama strategijos svarba, o projektų portfelio valdymas vertinamas kaip strategijos įgyvendinimo būdas. Iamratanakul *et al.* (2009) tyrimuose pagrindinis dėmesys skiriamas projektų portfelio valdymo gerinimui. Šį tikslą galima pasiekti maksimaliai padidinant portfelio vertę, subalansuojant portfelį ir suderinant projektų portfelį su verslo strategija. Įdomu tai, kad autoriai išdėsto tikslus pagal svarbą, laikydamiesi tokios sekos: maksimaliai padidinti portfelio vertę (svarbiausia), subalansuoti portfelį, suderinti projektų portfelį su verslo strategija. Heising (2012), Hope ir Moehler (2014), Kaiser *et al.* (2015) savo tyrimuose taip pat nurodė, kad projektų portfelio valdymas gali būti naudojamas kaip organizacijos strategijos įgyvendinimo priemonė.

Bonham (2005) į projektų portfelio valdymą dar įtraukia ribotų išteklių idėją ir teigia, kad projektų portfelio valdymas yra cikliškas ir galiausiai aprėpia projektus, kurie yra suderinti su organizacijos tikslais, nepereikvojant turimų išteklių ir nepamirštant apribojimų. Killen ir Hunt (2013) pabrėžia, kad projektų portfelio valdymas yra „aukšto lygio funkcija, kai vadovai naudoja įvairius procesus, metodus ir priemones, nuolat skirstydami ir perskirstydami išteklius portfelio projektams, kad būtų užtikrintas kuo didesnis jų indėlis į bendrą įmonės gerovę ir sėkmę“. Blichfeldt ir Eskerod (2008) studijų išvados rodo, kad svarbiausia – pasirinkti projektus, juos išdėstyti pagal svarbą ir paskirstyti jiems išteklius. Jų manymu, projektų portfelio valdymas yra „vadybinė veikla, susijusi su pirminiu projektų pasiūlymų patikrinimu, atrinkimu ir išdėstymu pagal svarbą, tuo pat metu atliekamu portfelio projektų svarbos persvarstymu ir išteklių projektams skyrimu bei perskirstymu, atsižvelgiant į nustatytą jų svarbą“. Autorių tyrimai rodo, kad projektų suderinimas su įmonės strategija nėra laikomas vienu iš projektų portfelio valdymo tikslų. Projektų portfelio valdymas taikomas kaip procesas, kuriame projektai atrenkami ir išdėstomi pagal svarbą, esant ribotiems ištekliams (Meskendahl 2010, Costantino *et al.* 2015).

Akademinių literatūros analizė rodo, kad, nors autoriai diskutuoja apie skirtingus projektų portfelio valdymo aspektus, aiškiai matomas bendras sutarimas dėl projektų portfelio valdymo principų. Apibrėžtys leidžia daryti išvadą, kad projektų portfelio valdymą reikėtų įdiegti tam, kad būtų užtikrinta, jog organizacija, parinkusi ir valdydama tinkamą projektų rinkinį, įgyvendins savo strategiją. 1.1 lentelėje pateikiamas paskutinio dešimtmečio įvairių projektų portfelio apibrėžčių palyginimas.

**1.1 lentelė.** Projektų portfelio valdymo apibrėžčių palyginimas (2006–2015) (šaltinis: autorė)

**Table 1.1.** Comparison of the project portfolio management definitions (2006–2015) (source: author)

Apibrėžimo esmė					
	Valdymas	Projektų, programų ar portfelių grupė, procesų rinkinys	Tikslai, suderinimas su strategija	Atsižvelgimas į išteklius	Sprendimas Atranka ir išdėstymas pagal svarbą
Winter <i>et al.</i> 2006			+		
Yuming <i>et al.</i> 2007	+		+		
Rajegopal <i>et al.</i> 2007	+	+	+		
Blichleldt, Eskerod 2008	+			+	+
Iamratanakul <i>et al.</i> 2009	+	+	+		
Meskendahl 2010		+			+
Heising 2012	+		+		
Killen, Hunt 2013		+		+	
Arasteh <i>et al.</i> 2014			+	+	+
Hope, Moehler 2014	+	+	+		
Kaiser <i>et al.</i> 2015			+		
Costantino <i>et al.</i> 2015		+			+

## 1.2. Projektų portfelio sudarymas ir išteklių paskirstymas – pagrindinės projektų portfelio valdymo sritys

Projektų portfelio sudarymas ir išteklių paskirstymas yra pagrindinės projektų portfelio valdymo sritys (Archer, Ghasemzadeh 1999, Blichfeldt, Eskerod 2008, Arasteh *et al.* 2014, Li *et al.* 2015, Salehi 2015, Tavana *et al.* 2015). Plačiai nagrinėjami projektų atrankos, prioritetų nustatymo ir išteklių paskirstymo klausimai (Karsu, Morton 2014). Philips ir Bana e Costa (2007) bei Kleinmutz (2007) nurodė keletą uždavinių, su kuriais susiduria sprendimus priimančios asmenys,

atsakingi už išteklių paskirstymą. Juos galima apibendrinti taip (Montibeller *et al.* 2009):

- 1) dažniausiai yra daug potencialių projektų ir riboti ištekliai;
- 2) nauda paprastai apibūdinama daugybe kartais vienas kitam prieštaraujančių tikslų;
- 3) joks vadovas visapusiškai nenumano visų kiekvieno projekto padarinių, nes tokia informacija išsklaidyta įvairiuose organizacijos lygmenyse;
- 4) sprendimus dėl išteklių paskirstymo organizacijos padaliniais priimant atskirai, nebūtinai bus užtikrintas efektyvus bendrasis išteklių paskirstymas;
- 5) jei išteklių paskirstymas valdomas netinkamai, vadovai gali būti skatinami investuoti į projektus, kurie gali neatitikti strateginių organizacijos tikslų.

Literatūroje apie projektų portfelio valdymą išteklių paskirstymas ir projektų atranka išsamiai aptariami kaip dvi atskiros problemos (Zaraket *et al.* 2014). Tačiau nemažai autorių (Yoshimura *et al.* 2006, Otero *et al.* 2009, Gutjahr *et al.* 2010, Zaraket *et al.* 2014) šią problemą siūlo nagrinėti kartu. Šiame darbe projektų atrankos ir išteklių paskirstymo klausimai sujungiami ir analizuojami kaip viena problema.

Toliau šiame darbe vartojamas *finansinių išteklių paskirstymo* terminas, kuris apibrėžiamas kaip procesas, kurio metu finansiniai ištekliai paskirstomi portfelio projektams. *Finansiniai ištekliai* – tai piniginės formos išraiškos dalis, skiriama portfelio projektų finansavimui. Finansinių išteklių šaltiniams priklauso tiek nuosavi, tiek skolinti finansiniai ištekliai.

### **1.2.1. Įvairių metodų taikymas kuriant projektų portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo modelius**

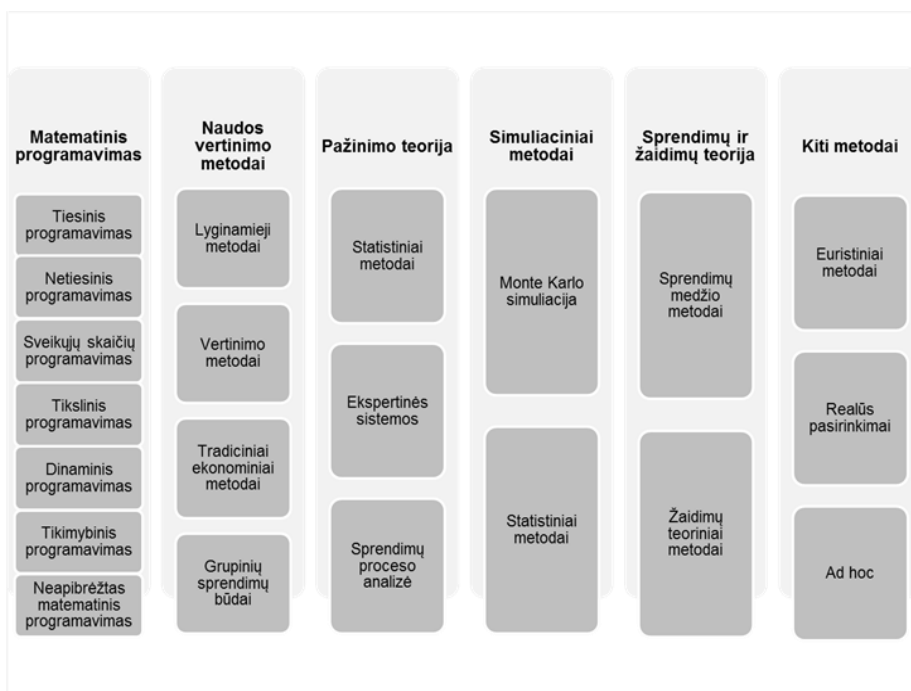
Literatūroje aprašyti projektų atrankos ir išteklių paskirstymo metodai yra labai įvairūs, o procedūros gali būti nuo paprastos iki itin sudėtingų matematinių algoritmų (Eilat *et al.* 2008). Tyrimų rezultatai parodė, kad tinkamiausi būdai paprastai yra tie, kai projektų portfeliui apibrėžti pasitelkiamas metodų derinys (Dutra *et al.* 2014, Khalili-Damghani, Tavana 2014). Be to, kad būtų užtikrintas praktinis metodų taikymas, jie turi pasižymėti pagrindinėmis literatūroje nurodytomis ypatybėmis. Tos ypatybės yra (Archer, Ghasemzadeh 2007, Liesiö *et al.* 2007, Meredith, Mantel, 2008):

- 1) galimybė įtraukti kelis kriterijus;
- 2) galimybė atsižvelgti į riziką;
- 3) sprendimus priimantiems asmenims lengva juos suprasti;
- 4) galimybė juos keisti ar koreguoti atsižvelgiant į verslo aplinkos pokyčius.

Projektų atrankos ir išteklių paskirstymo metodai klasifikuojami įvairiai. Žemiau (1.2 pav.) pateikta projektų atrankos ir išteklių paskirstymo metodų schema sudaryta apibendrinant ankstesnes metodų klasifikacijas (Heidenberger, Stummer 1999, Iamratanakul *et al.* 2008, Verbano, Nosella 2010, Durta *et al.* 2014). Metodai skirstomi į 6 pagrindines grupes:

- 1) matematinis programavimas;
- 2) naudos vertinimo metodai;
- 3) pažinimo teorija;
- 4) simuliaciniai metodai;
- 5) sprendimų ir žaidimų teorija;
- 6) kiti metodai (euristiniai metodai, realūs pasirinkimai ir *ad hoc*).

Toliau metodai apžvelgiami detaliau.



**1.2 pav.** Projektų atrankos ir išteklių paskirstymo projektų portfelyje metodai (šaltinis: Heidenberger, Stummer 1999, Iamratanakul *et al.* 2008, Verbano, Nosella 2010, Durta *et al.* 2014)

**Fig. 1.2.** Project selection and resource allocation methods in the project portfolio (source: Heidenberger, Stummer 1999, Iamratanakul *et al.* 2008, Verbano, Nosella 2010, Durta *et al.* 2014)

Matematinio programavimo metodai leidžia optimizuoti kai kurias tikslines funkcijas, atsižvelgiant į apribojimus, kurie yra susiję su ištekliais, projekto logika, jo dinamika, technologija, strategija ir t. t. Vienas iš fundamentalių kiekybinių įrankių, naudojamų pasirenkant tinkamą projektą, yra tiesinis programavimas (angl. *linear programming*). Jis leidžia padidinti tikėtiną naudą, kuri galbūt bus gaunama pasirinkus atitinkamą projektą, suvokiant esamų išteklių ribas. Tiesinio programavimo modeliai parodo, kad kiekvieno projekto dydis yra be galo dalus, tiek nauda, tiek ir išteklių sąnaudos tiesiniu mastu priklauso nuo projekto dydžio, pagrįsta naudingumo funkcija yra tiesinė, labiausiai neapibrėžtos yra laukiamos vertės, tarp projektų neegzistuoja abipusės priklausomybės. Ankstyvą tiesinį modelį pristatė Asher (1962).

Dauguma su sprendimų priėmimu susijusių problemų savo pobūdžiu yra netiesinės. Esama pavyzdžių, kai gauti modeliai, pasitelkus Piecewise funkciją, gali būti paverčiami tiesinio programavimo modeliais. Klasikinį netiesinio programavimo (angl. *non-linear programming*) modelį aprašė Souder (1973), Almeida ir Duarte (2011).

Sveikųjų skaičių programavimo (angl. *integer programming*) modeliai palengvina supratimą neapibrėžtų projektų, abipusiai išskirtinių projektų, lygiagrečių projektų ir visų projektinių sąveikų programoje, pvz., tokių, kurios yra išreikštos per bendrus išteklius, bendras technologijas, strateginę svarbą, rezultatų sąveikas ir t. t. Sveikųjų skaičių programavimo modelius galima suskirstyti į tiesinius ir netiesinius. Sveikųjų skaičių programavimo modelius pristatė Schmidt (1993), Litvinchev *et al.* (2011), Zaraket *et al.* (2014), Litvinchev *et al.* (2014).

Projektų antrankos ir išteklių paskirstymo uždaviniais sudėtingėjant, atsirado tikslinis programavimas (angl. *goal programming*) (Trenado *et al.* 2014). Tikslinio programavimo modeliai kildinami iš to, kad sprendimą priimančiam asmuo paprastai nusistato tikslus realiame gyvenime. Tai būdas, kuris leidžia sprendimą priimančiam asmeniui kuo labiau priartėti prie savo iškelto tikslo. Sprendimą priimančio asmens pirmenybių paskirstymas tarp įvairių tikslų yra išreikštas per kardinalias reikšmes, susijusias su tikslais. Gali būti išskiriamos dvi tikslinio programavimo mokyklos (Trenado *et al.* 2014) ir abi jos yra svarbios pasirenkant projektą ir paskirstant išteklius. Pirmoji yra apibūdinama kaip leksikografinio tikslo programavimas. Jis įmanomas tik tada, kai tikslai, esantys didesnio prioriteto lygmenyse, yra patenkinami tiek, kad būtų galima svarstyti žemesniuose lygmenyse esančius tikslus. Palyginimui, antroji mokykla išreiškia tikslinę funkciją, kaip pasvertą tiesiogiai susijusių nukrypimų kintamųjų kombinaciją, kai svarbiai atspindi pirmenybes, kurias sprendimą priimančiam asmuo susieja su įvairiais tikslais. Strateginio verslo vieneto lygmenyje aukščiausio lygmens vadovai paprastai neapartinėja kiekvieno techninio projekto, bet išteklius paskirsto visoms produkto linijoms. Kiekvienoje produkto linijoje išteklių pa-



skirstymas bus skirtingas, priklausomai nuo tikėtino pelningumo. Tikslinio programavimo modelius pasirenkant projektus ir paskirstant išteklius pateikė Lee ir Kim (2000), Arasteh *et al.* (2014).

Dinaminio programavimo (angl. *dynamic programming*) modelis yra pasikartojantis matematinis būdas, kuris gali būti naudojamas siekiant rasti optimalią veiksmų trajektoriją nuosekliųjų sprendimų grupei. Jis tinka tose situacijose, kai sprendimas, priimtas viename programos etape, daro poveikį aplinkai, pvz., techninės sėkmės tikimybei, kaip yra pavaizduota Jackson modelyje (1983). Tačiau dinaminio programavimo modelis yra nepilnavertis, nes galima naudoti tik vieną išteklių apribojimą, pvz., visos išlaidos (Iamratanakul *et al.* 2008). Dinaminio programavimo modelius pristatė Morales *et al.* (2000), Basso ir Peccati (2001).

Tikimybinio programavimo (angl. *stochastic programming*) modeliuose bent vienos rūšies įvesties duomenys yra neapibrėžti ir varijuojantys. Buvo publikuoti tik keli modeliai, kuriuose naudojamas tikimybinis apribotas programavimas (Iamratanakul *et al.* 2008). Pagal šią sistemą išteklių apribojimais yra atsitiktiniai kintamieji, o ne pastovūs parametrai, taip pat gali būti sudaryti tyrimo planai, kurie gali padėti atpažinti laimėjimų galimybę. Tokie planai turi būti nedelsiant ir ilgalaikėje perspektyvoje peržiūrimi, nustatant finansavimo modelius mokslinių tyrimų veikloje. Tikimybinio programavimo modelį pristatė Allen (1991), Rafiee *et al.* (2013).

Įvesties duomenys projekto atrankos modeliams gali būti labai neapibrėžti, t. y. techninė sėkmės perspektyva gali būti vertinama kaip „menka“, „nenumatoma“, „nešališka“ arba „didelė“. Tokie neapibrėžti duomenys gali būti naudojami taikant tam tikrą neapibrėžto matematinio programavimo (angl. *fuzzy mathematical programming*) metodą, kaip yra pasiūlęs Weber *et al.* (1990). Jų pasiūlytas modelis fiksuoja situaciją, kurioje sprendimą priimantis asmuo nebūtinai siekia maksimalios tikslinės funkcijos, bet verčiau lieka patenkintas, jei jam pavyksta pasiekti tam tikrą trokštamą lygį. Neapibrėžto matematinio programavimo metodą taip pat pasiūlė Bhattacharyya ir Kar (2011), Rebiasz (2013).

Antra projektų atrankos ir išteklių paskirstymo metodų grupė yra naudos vertinimo (angl. *benefit measurement*) metodai. Naudos vertinimo metodai padeda išsiaiškinti, kuo yra naudingas kiekvienas abejonių keliantis projektas. Nuosekliai atrenkami patys naudingiausi projektai, įvertinant bendras biudžeto ribas. Naudos įvertinimo metodai skirstomi į lyginamuosius, vertinimo ir tradicinius ekonominius metodus. Lyginamieji (angl. *comparative*) metodai yra naudojami siekiant įvertinti projektų grupę, susiejant vieną projekto pasiūlymą su kitu projekto pasiūlymu arba su keliais alternatyviais projekto pasiūlymais (Martino 2003). Modeliai taip pat priklauso nuo grupinių projektų vertinimų, kai respondentai turi palyginti vieną pasiūlymą su kitu. Pasiūlymas gali būti bet kada pridodamas arba pašalinamas iš grupės, kuri yra svarstoma, visas procesas turi

būti pakartojamas. *Q-sort* būdas yra mažiausiai formalus iš visų lyginamųjų būdų. Tai yra psichometrinis metodas, skirtas daiktų grupės klasifikavimui, atsižvelgiant į individualią sprendžiančios grupės nuožiūrą (Iamratanakul *et al.* 2008). Analitinės hierarchijos procesai (AHP) leidžia sprendimą priimančiam asmeniui suformuluoti sudėtingą daugiaprojektinį įvertinimą hierarchijos forma, kai projektai yra apačioje, o įvairūs tikslai yra atitinkamai aukštesniuose lygmenyse. AHP metodą sukūrė Saaty (1979). AHP dažnai naudojamas sprendžiant daugiakriterinio sprendimų priėmimo problemas (Salehi 2015). Mahmoodzadeh *et al.* (2007), Amiri (2010) AHP taikė projektų atrankai. Vertinimo (angl. *scoring*) metodai skirti kandidatuojančių projektų, kurie yra susiję tarpusavyje, klasifikavimui. Cooper (1981) pastebėjo, kad vertinimo metodai dažnai yra vertinami kaip pernelyg supaprastinti, kadangi juos naudojant sudėtingas sprendimo priėmimas tampa paprastesnis, vietoje jo yra pasitelkiama paprasta lygtis, kurią išsprendus gaunamas mišrus rezultatas. Vertinimo metodai yra suskirstyti į kontrolinio sąrašo metodą, tradicinius vertinimo metodus ir įvairialypę naudingumo analizę. Vertinimo modelius pristatė Ulvila ir Chinnis (1992), Morcos (2008), Murray *et al.* (2010). Tradiciniai ekonominiai metodai yra skirti atlikti išlaidų ir gautos naudos analizę ir / arba įvertinti finansinę projekto riziką. Finansinė analizė atliekama siekiant nustatyti projekto efektyvumą, remiantis numatomais pinigų srautais. Vertindami projekto efektyvumą, dauguma autorių taiko šiuos rodiklius: investicijų grąžos, atsipirkimo laikotarpio, buhalterinės grąžos normos, grynosios dabartinės vertės, vidinės grąžos normos, pelningumo indekso ir modifikuotos vidinės grąžos normos. Rizikos analizę sudaro dvi viena kitą papildančios dalys: kokybinė ir kiekybinė. Kokybinė analizė atliekama taikant įvairius eksperimentinius metodus. Atliekant kokybinę analizę nustatomi visi rizikos ir neapibrėžtumo veiksniai, taip pat jų reikšmė projektui. Kiekybinės analizės užduotis – kiekybiškai įvertinti rizikos veiksnių nuokrypių poveikį projekto efektyvumui. Ekonominį modelį pristatė Dutra *et al.* (2014).

Pažinimo teorijos (angl. *cognitive emulation*) metodai yra skirti faktinio sprendimų priėmimo proceso organizacijoje modelio sukūrimui (Hall, Nauda 1990). Jie yra pagrįsti panašiomis aplinkybėmis anksčiau įgyta patirtimi, kai išvadų darymas, atsižvelgiant į galimus duomenis, atrodo pagrįstas. Pažinimo teorijos metodus galima padalinti į statistinius metodus, ekspertines sistemas, sprendimų proceso analizes.

Simuliaciniai (angl. *simulation*) metodai leidžia kur kas daugiau išreikšti realias sistemas, lyginant su optimizavimo metodais, o modeliavimo metu reikia atsakyti tik į „kas, jeigu“ tipo klausimus. Jie yra naudojami tada, kai eksperimentai realybėje yra netinkami, per brangūs arba trunka ilgai, neįmanoma atlikti sudėtingas analitines procedūras arba jų negalima taikyti neviršijant leistinų kaštų ir neužtrunkant pernelyg ilgai. Daugumą simuliacinių metodų galima rasti parenkant projektą ir paskirstant išteklius. Monte Karlo simuliacijos metu pro-

gramoje yra naudojami visų tikimybinių elementų tikimybiniai paskirstymai, siekiant apskaičiuoti bendrą tikslinių verčių ir panaudotų reikšmių tikimybės pasiskirstymą. Sisteminės dinamikos simuliacijos sukuria grįžtamojo ryšio ciklus, kad būtų galima išplėsti analizes pagal tam tikrą scenarijų.

Sprendimo ir žaidimo teorijos (angl. *decision and game theory*) metodai aiškiai akcentuoja galimus būsimus įmonės aplinkos neapibrėžtos apimties įvykius arba reakcijas. Metodai skiriasi tuo, kad sprendimo priėmimo teorija teigia, jog aplinkos pokyčiai nepriklauso nuo įmonės veiksmų, tuo tarpu žaidimo teorija aiškiai akcentuoja racionalius konkurentus. Sprendimo ir žaidimo teorijos metodai skirstomi į sprendimo medžio metodus, žaidimo teorinius metodus, grupinių sprendimų būdus. Sprendimo medį (angl. *decision tree*) sudaro dvejopi mazginiai taškai: klasikinių tikimybinių įvykių mazginiai taškai ir sprendimo mazginiai taškai. Heidenberger (1996) pristatė trečio tipo mazginį tašką, „apskaičiuotą tikimybę“, kuri nukreipia tikimybinį perėjimą į tolesnį mazginį tašką, priklausomai nuo pastangų, kurios dedamos siekiant jo, kai išteklių vartojimas yra susijęs su perėjimo tikimybe pagal konkrečią nenutrūkstamą, monotoniškai didėjančią, iškilią, Piecewise tiesinę perėjimo funkciją. Žaidimo teoriniai (angl. *game theory*) metodai yra naudingi vertinant išteklių paskirstymo strategijas, aiškiai atsižvelgiant į racionaliai veikiančius konkurentus. Dauguma žaidimo teorijos metodų yra riboti. Naudojant grupinių sprendimų (angl. *group decision*) būdus galima sistemiškai surinkti ir apjungti konkrečių sričių ekspertų žinias ir vertinimus. Taigi, šis metodas yra vertinamas kaip tinkamas atliekant praktines operacijas ar bent jau kaip patikrinimo priemonė duomenų, kurie yra reikalingi norint sukurti sudėtingesnę modelį, gavimui. Plačiai naudojamas grupinių sprendimų būdas yra Delfi metodas. Delfi metodas apima keletą nuosekliai atliekamų procedūrų, kai siekiama suformuoti grupės nuomonę apie tam tikrą problemą, apie kurią nepakanka informacijos.

Euristinis (angl. *heuristic*) modeliavimas yra skirtas priimtinių, bet nebūtinai optimalių, sprendimų paieškai. Modelį, skirtą projekto atrankai ir išteklių paskirstymui, ir kuris apima euristinę procedūrą, pasiūlė Coffin ir Taylor (1996), Carazo *et al.* (2010). Realūs pasirinkimai (angl. *real option*) prasideda nuo investicinės galimybės nupiešimo, atsižvelgiant į pasirinkimo sandorį. Kad tai būtų įmanoma, reikia nustatyti kintamuosius, leidžiančius apibrėžti projekto ypatybes ir paprasto pasirinkimo sandorio vertę (Iamratanakul 2008). Projektų atrankos modelį, naudojantį realių pasirinkimų metodą, pasiūlė Rogers *et al.* (2002). *Ad hoc* metodai yra kitokio tipo, jie yra nestruktūriniai ir sukurti tam tikriems tikslams pasiekti. Tai metodai, naudojantys projektų atrankos kryptis „iš viršaus į apačią“ (Hall, Nauda 1990).

Toliau, siekiant išsiaiškinti finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelio modelio sudarymo galimybes, bus išnagrinėti projektų atrankos kriterijai.

### 1.2.2. Projektų atrankos kriterijai

Norint priimti teisingus sprendimus dėl potencialių projektų, svarbu, kad būtų aiškiai apibrėžti portfelio sudarymo kriterijai (Dutra *et al.* 2014). Šiuos kriterijus bendrovės turėtų taikyti tik jei jie lengvai suprantami sprendimus priimančioms asmenims (Meredith, Mantel 2011, Dutra *et al.* 2014).

Iki XX a. aštuntojo dešimtmečio dauguma projektų atrankos ir išteklių paskirstymo sprendimų buvo pagrįsti modeliais, pagal kuriuos buvo atsižvelgiama tik į vieną kriterijų (Schwindt, Zimmermann 2015). Tinkami pavyzdžiai būtų ekonominio vertinimo matai (grynoji dabartinė vertė (NPV), vidinė pelno norma (IRR), investicijų grąža (ROI), atsipirkimo laikotarpis (PB) ir kt.). Vėliau, XX a. devintajame ir dešimtajame dešimtmečiuose, buvo kuriami optimizavimo modeliai, taikomi projektų portfelio sudarymo srityje, ir tai leido sprendimus priimančioms asmenims paprasčiau spręsti problemą, ieškant tokio projektų rinkinio, kuris leistų optimizuoti pagrindinį organizacijos tikslą, atsižvelgiant į daugiau kriterijų (Schwindt, Zimmermann 2015).

1.2 lentelėje pateikti projektų atrankos kriterijai, kurie taikomi priimant sprendimą dėl projektų portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo.

**1.2 lentelė.** Projektų atrankos kriterijai (2006–2016) (šaltinis: autorė)

**Table 1.2.** Project selection criteria (2006–2016) (source: author)

Pagrindinis aspektas	Kriterijus	Nuorodos
Strateginė nauda	Strateginis suderinimas	Dinesh Kumar <i>et al.</i> 2007, Asosheh <i>et al.</i> 2010, Franco, Lord 2011, Sánchez 2015, Oliveira <i>et al.</i> 2015, Tavana <i>et al.</i> 2015.
	Konkurencingumo didinimas	Mavrotas <i>et al.</i> 2006, Dinesh Kumar <i>et al.</i> 2007, Eilat <i>et al.</i> 2008, Guneri <i>et al.</i> 2009, Tohumcu, Karasakal 2010.
	Nemateriali nauda	Padovani <i>et al.</i> 2008, Asosheh <i>et al.</i> 2010, Gutjahr <i>et al.</i> 2010, Franco, Lord 2011.
	Socialinė nauda	Dey 2006, Halouani <i>et al.</i> 2009.
	Ryšys su kitais projektais	Wei <i>et al.</i> 2007, Eilat <i>et al.</i> 2008, Chen, Cheng 2009.
	Darbuotojų poreikių patenkinimas	Eilat <i>et al.</i> 2008, Bai <i>et al.</i> 2010.
	Aplinkosauginė nauda	Dey 2006, Guneri <i>et al.</i> 2009, Halouani <i>et al.</i> 2009.
	Gamtos išteklių naudojimo mažinimas	Wey, Wu 2007.

## 1.2 lentelės tęsinys

Pagrindinis aspektas	Kriterijus	Nuorodos
	Darbo vietų kūrimas	Mavrotas <i>et al.</i> 2006, Guneri <i>et al.</i> 2009.
	Mokymasis ir žinios	Yans and Hsieh 2009, Bai <i>et al.</i> 2010, Gutjahr <i>et al.</i> 2010, Zakaret <i>et al.</i> 2014, Oliveira <i>et al.</i> 2015.
	Kolektyvo motyvavimas	Tohumcu, Karasakal 2010.
Verslo nauda	Rinkos potencialas / pajamos	Bertolini <i>et al.</i> 2006, Canez, Garfias 2006, Mavrotas <i>et al.</i> 2006, Medaglia <i>et al.</i> 2007, Liang, Li 2008, Liesio <i>et al.</i> 2008, Kumar <i>et al.</i> 2009, Chen, Askin 2009, Chen, Cheng 2009, Halouani <i>et al.</i> 2009, Yang, Hsieh 2009, Büyükožkan, Öztürkcan 2010, Henriksen, Rostad 2010, Tohumcu, Karasakal 2010, Asosheh <i>et al.</i> 2010, Huang, Zhao 2014.
	Bendra nauda	Dinesh Kumar <i>et al.</i> 2007, Wei <i>et al.</i> 2007, Fang <i>et al.</i> 2008, Guo <i>et al.</i> 2008, Liang, Li 2009, Yang, Hsieh 2009, Bai <i>et al.</i> 2010, Büyükožkan, Öztürkcan 2010, Dutra <i>et al.</i> 2014, Karsu, Morton 2014.
	Klientų poreikių patenkinimas	Wey, Wu 2007, Dinesh Kumar <i>et al.</i> 2007, Eilat <i>et al.</i> 2008, Mavrotas <i>et al.</i> 2008, Lee <i>et al.</i> 2008, Guneri <i>et al.</i> 2009, Asosheh <i>et al.</i> 2010, Bai <i>et al.</i> 2010, Henriksen, Rostad 2010, Tohumcu, Karasakal 2010.
	Plėtos galimybė	Eilat <i>et al.</i> 2008, Asosheh <i>et al.</i> 2010.
Techniniai sunkumai	Projekto sudėtingumas	Bertolini <i>et al.</i> 2006, Dey 2006, Eilat <i>et al.</i> 2008, Ren, Zhang 2008, Guneri <i>et al.</i> 2009, Amiri 2010, Tohumcu, Karasakal 2010.
	Reikalingas laikas	Canez, Garfias 2006, Dinesh Kumar <i>et al.</i> 2007, Wei <i>et al.</i> 2007, Eilat <i>et al.</i> 2008, Amiri 2010, Asosheh <i>et al.</i> 2010, Tohumcu, Karasakal 2010.
	Palankios įgyvendinimo ir priežiūros sąlygos	Wei <i>et al.</i> 2007, Padovani <i>et al.</i> 2008, Eilat <i>et al.</i> 2008, Ren, Zhang 2008, Chen, Cheng 2009, Kumar <i>et al.</i> 2009, Tohumcu, Karasakal 2010.
	Naujoviškumo lygis	Mavrotas <i>et al.</i> 2008, Yang, Hsieh 2009.
	Norminių taisyklių laikymasis	Eilat <i>et al.</i> 2008, Henriksen, Rostad 2010.
	Projekto mastas	Amiri 2010, Oliveira <i>et al.</i> 2015.

## 1.2 lentelės pabaiga

Pagrindinis aspektas	Kriterijus	Nuorodos
Finansinės išlaidos	Visos investicijos	Bertolini <i>et al.</i> 2006, Wei <i>et al.</i> 2007, Wey, Wu 2007, Medaglia <i>et al.</i> 2007, Liang, Li 2008, Liesio <i>et al.</i> 2008, Mavrotas <i>et al.</i> 2008, Eilat <i>et al.</i> 2008, Kumar <i>et al.</i> 2009, Guneri <i>et al.</i> 2009, Amiri 2010, Asosheh <i>et al.</i> 2010, Büyükožkan, Öztürkcan 2010, Dutra <i>et al.</i> 2014.
	Investicijos į žmoniškąsias išteklius	Bertolini <i>et al.</i> 2006, Wei <i>et al.</i> 2007, Wey, Wu 2007, Dinesh Kumar <i>et al.</i> 2007, Mavrotas <i>et al.</i> 2008, Eilat <i>et al.</i> 2008, Yang, Hsieh 2009, Asosheh <i>et al.</i> 2010, Chang, Lee 2010, Gutjahr <i>et al.</i> 2010, Tohumcu, Karasakal 2010.
	Investicijos į tiekėjus	Wei <i>et al.</i> 2007, Chen, Cheng 2009, Tohumcu, Karasakal 2010, Asosheh <i>et al.</i> 2010.
	Investicijos į infrastruktūrą	Wey, Wu 2007, Guneri <i>et al.</i> 2009, Kumar <i>et al.</i> 2009, Chang, Lee 2010.
	Investicijos į technologijas	Wei <i>et al.</i> 2007, Eilat <i>et al.</i> 2008, Amiri 2010.
Rizika	Rizika, neapibrėžtumas	Wei <i>et al.</i> 2007, Fang <i>et al.</i> 2008, Guo <i>et al.</i> 2008, Liang, Li 2008, Kumar <i>et al.</i> 2009, Halouani <i>et al.</i> 2009, Asosheh <i>et al.</i> 2010, Büyükožkan, Öztürkcan 2010, Tohumcu, Karasakal 2010, Franco, Lord 2011.
Darnus vystymasis	Darnumas	Sánchez 2015, Siew 2016.

Kaip rodo mokslinės literatūros analizė, dažniausiai nagrinėjama projektų atranka, pagrįsta finansiniais (Bertolini *et al.* 2006, Canez, Garfias 2006, Lawson *et al.* 2006, Medaglia *et al.* 2007, Mavrotas *et al.* 2006, Jafarizadeh, Khorshid 2008, Liang, Li 2008, Liesio *et al.* 2008, Kumar *et al.* 2009, Chen, Askin 2009, Chen, Cheng 2009, Yang, Hsieh 2009, Büyükožkan, Öztürkcan 2010, Tohumcu, Karasakal 2010, Asosheh *et al.* 2010, Dutra *et al.* 2014, Arasteh *et al.* 2014), rizikos (Wei *et al.* 2007, Liang, Li 2008, Kumar *et al.* 2009, Asosheh *et al.* 2010, Büyükožkan, Öztürkcan 2010, Tohumcu, Karasakal 2010, Lawson *et al.* 2006, Jafarizadeh, Khorshid 2008, Dutra *et al.* 2014, Arasteh *et al.* 2014) ir strateginio suderinimo (Eilat *et al.* 2008, Asosheh *et al.* 2010, Franco, Lord 2011, Dutra *et al.* 2014, Arasteh *et al.* 2014) kriterijais.

### 1.2.3. Projektų portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo modelių įvairovė

Projektų portfelio sudarymas ir išteklių paskirstymas – vieni svarbiausių projektų portfelio valdymo klausimų, todėl nenuostabu, kad atlikta daug tyrimų siekiant sukurti projektų portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo modelius. Pirmieji paskelbti darbai buvo priskiriami prie kapitalo planavimo temos (Bernhard 1969), projektams ir portfeliams vertinti naudojant tik finansines priemones. Finansiniai aspektai yra labai svarbus projektų portfelio sudarymo elementas, nes šiame procese svarbiausia ribotas lėšas nukreipti ten, kur jos užtikrins optimalią vertę organizacijai. Klasikiniai finansinės analizės modeliai yra atsipirkimo laikotarpio (PB), investicijų gražos (ROI), vidinė pelno normos (IRR) ir grynosios dabartinės vertės (NPV) (Burke 2013).

Vėliau dėl optimizavimo algoritmų pažangos ir didesnės skaičiavimo galios tapo įmanoma spręsti didelius (mišrius sveikųjų skaičių) optimizavimo uždavinius, apimančius daugelį išteklių, projektų sąveiką ir daugelį laikotarpių (Lockett, Gear 1975, Heidenberger 1996). Daugiakriteriniais projektų portfelio modeliais siekiama suderinti projektų portfelio optimizavimą su išsamiu daugiareikšmių kriterijų nagrinėjimu. Šie modeliai sukurti remiantis nusistovėjusia daugelio veiksnių vertės nustatymo teorija siekiant daugiakriterines projektų vertes sujungti į bendrąją portfelio vertę ir, taikant tiesinį programavimą sveikaisiais skaičiais, nustatyti optimalią projektų portfelio sudėtį, atsižvelgiant į išteklių ir kitus apribojimus. Taikant portfelio optimizavimo modelius naudojami rizikos matai: a) didinant tikėtiną portfelio vertę atsižvelgiant į portfelio rizikos apribojimus (Dentcheva, Ruszczyński 2006), b) minimizuojant portfelio riziką atsižvelgiant į tikėtiną portfelio vertės apribojimus arba c) riziką ir tikėtiną vertę sujungiant į vieną tikslo funkciją (Gustafsson and Salo 2005, Jafarizadeh ir Khorshid-Doust 2008).

Projektų portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo esant neapibrėžtumui tema plačiai nagrinėjama daugelyje tyrimų, todėl nemažai mokslininkų, norėdami atsižvelgti į šios problemos neapibrėžtumą, taikė neapibrėžtų aibių teoriją (angl. *fuzzy sets theory*), kurią 1965 m. pristatė Zadeh. Huang (2006) pateikė du patikimumu pagrįstus, tikimybe apribotus programavimo sveikaisiais skaičiais modelio, skirtą kapitalo planavimui, tipus, kai kartu nustatomas patikimumo lygis. Modeliai išspręsti taikant neapibrėžtą modeliavimą pagrįstą genetinį algoritmą. Wei *et al.* (2007) neapibrėžtų aibių teoriją taikė norėdami apskaičiuoti neaiškumus ir neapibrėžtumą, kylančius vertinant tiekimo grandinės valdymo alternatyvas ir apibendrinant lingvistinius vertinimus. Chen ir Cheng (2009) pristatė daugiakriterinį sprendimų priėmimo modelį, pagrįstą neapibrėžtais matais. Perez ir Gomez (2014) pateikė daugiatikslių projektų portfelio sudarymo modelį, pagal kurį neapibrėžtų aibių teorija buvo įtraukta į apribojimus. Mohagheghi *et al.* (2015) pasiūlė projektų portfelio sudarymo modelį, pagrįstą nauju neapi-

brėžtų aibių teorijos plėtimu. Buvo pristatytas naujas sudėtinis indeksas, pagal kurį vienu metu atsižvelgiama ir į riziką, ir į gražą. Šis metodas rodo projekto rizikos ir gražos lygius, be to, taikant šį metodą apskaičiuojama projekto vieneto gražos rizika. Taikant jų modelį rizika vertinama pagal projektų gražos apatinę pusvariaciją, kuri yra tiesioginis, aiškus ir plačiai pripažįstamas neigiamos rizikos matas.

Stewart (2016) projektų portfelio sudarymą iš siūlomų projektų aibės, atsižvelgiant į išteklių apribojimus, suformulavo kaip daugiatikslių optimizavimo problemą. Nustatyti trijų kategorijų tikslai: kiekybiniai (gali apimti ekonominę naudą, pajėgumų didinimą ir kt.), kokybiniai (gali apimti poveikį saugai, vartotojų pasitenkinimą ir kt.) ir pusiausvyros (įmonės departamentas taip pat turi pasirūpinti, kad būtų užtikrintas teisingumas, tai yra, pavyzdžiui, kad tam tikra veikla nebūtų nesąžiningai teikiama pirmenybė vienai ar kitai klientų grupei, veikla būtų subalansuota trumpalaikių, vidutinės trukmės ir ilgalaikių tikslų požiūriu bei suderinta su strateginiais aukšto lygio valdymo tikslais, tokiais kaip tiekimo saugumas, poveikis aplinkai ir kt.). Benaija ir Kjiri (2015) projektų portfelio sudarymą taip pat suformulavo kaip daugiatikslių optimizavimo problemą. Nustatyti trys tikslai: projekto vertės maksimizavimas, rizikos minimizavimas ir suderinimo su strategija maksimizavimas.

1.3 lentelėje parodyti keli projektų portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo modelių pavyzdžiai.

**1.3 lentelė.** Projektų portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo modelių palyginimas (šaltinis: autorė)

**Table 1.3.** Comparison of project portfolio selection and resource allocation models (source: author)

Tikslai	Nagrinėtas projektų skaičius portfelyje	Priklausomybės Rizika	Planavimas	Taikytas metodas	Nuoroda
Bendra nauda	90	- + -		Metaeuristiniai metodai	Carazo <i>et al.</i> 2010
Ekonominė nauda, mokymasis ir žinios	18	- - +		Netiesinis sveikųjų skaičių programavi- mas, metaeuristiniai metodai	Gutjahr <i>et al.</i> 2010



1.3 lentelės pabaiga

Tikslai	Nagrinėtas projektų skaičius portfelyje	Priklausomybės Rizika	Planavimas	Taikytas metodas	Nuoroda
Portfelio kokybė, projektų skaičius portfelyje	25000	- - -		Tiesinis svei- kųjų skaičių programavimas	Litvinchev <i>et al.</i> 2010
Portfelio kokybė, projektų skaičius portfelyje	10000	+ - -		Tiesinis svei- kųjų skaičių programavimas	Litvinchev <i>et al.</i> 2011
Laukiamas pelnas	15	+ + +		Metaeuristiniai metodai	Gutjahr, Froeschl 2013
Mokymasis ir žinios	11	- - +		Tiesinis svei- kųjų skaičių programavimas, metaeuristiniai metodai	Zaraket <i>et al.</i> 2013
Bendra nauda	100	+ - -		Metaeuristiniai metodai	Cruz <i>et al.</i> 2014
Bendra nauda, projektų skaičius portfelyje	25000	+ - -		Tiesinis svei- kųjų skaičių programavimas	Litvinchev <i>et al.</i> 2014
Pelnas	6	- + +		Tikslinis programavimas	Arasteh <i>et al.</i> 2014
Bendra nauda, pusiausvyra	39	- - -		Sveikųjų skaičių programavimas	Karsu, Morton 2014
NPV	10	+ + +		Sveikųjų skaičių programavimas, genetiniai algo- ritmai	Huang, Zhao 2014.

Vis dažniau į projektų portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo uždavinius įtraukiant papildomus kriterijus ir / ar apribojimus, uždaviniai tampa dar sudėtingesni. Tik naujų technologijų atsiradimas bei mokslinių tyrimų portfelio valdymo srityje plėtojimas leidžia spręsti šiuos sudėtingus finansinių išteklių paskirstymo klausimus. Taigi, daugiakriterinių sprendimų priėmimo teorija puikiai atitinka projektų portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo uždavinių kompleksinę prigimtį.

### 1.3. Darnumu paremtas projektų portfelio valdymas

Darnumas laikomas vienu svarbiausių šiandieninei visuomenei kylančių uždavinių. Daugelis įmonių, formuluodamos savo misiją ir strategiją, plačiai taiko darnumo koncepciją (Martens, Carvalho 2016). Be to, tai yra viena populiariausių mokslininkų tyrimų sričių. Visai neseniai darnumo idėja buvo integruota ir į projektų valdymą (Gareis *et al.* 2009, Silvius *et al.* 2009, Martens, Carvalho 2016). 2008 m. vykusiame 22-ajame Tarptautinės projektų valdymo asociacijos (angl. *International Project Management Association*, IPMA) pasauliniame kongrese IPMA prezidentė Mary McKinley teigė: „siekiant tolesnės projektų valdymo profesijos raidos, projektų vadovai turi imtis atsakomybės už darnumą“ (McKinley 2008).

Projektų portfelio valdymo srityje vis daugiau reikšmės teikiama darnumo klausimui. Vis geriau suprantama, kad reikia sukurti metodus, priemones ir būdus siekiant integruoti darnumo kriterijus į projektų valdymą, taip pat atsiranda vis didesnis žinių ir koncepcijų, kaip įdiegti darnumą projektų portfelio valdymo procese, poreikis (Sanchez, Lopez 2010, Martens, Carvalho 2013, Ebbesen, Hope 2013, Tufinio *et al.* 2013, Brook, Pagnanelli 2014, Silvius, Schipper 2014a, Daneshpour 2015, Martens, Carvalho 2016). Silvius ir Tharp (2013) padarė išvadą, kad „darnumo ir projektų valdymo ryšys [...] įgauna pagreitį“.

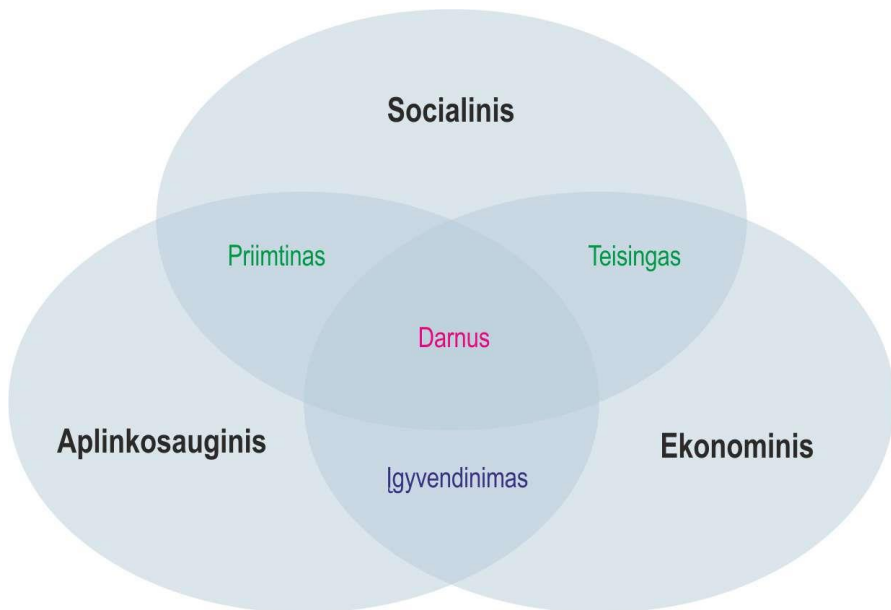
#### 1.3.1. Darnumo ir darnaus vystymosi samprata

Dėl nuolat augančio pasaulio gyventojų skaičiaus, ribotų išteklių ir klimato kaitos grėsmės pasaulis susiduria su daugybe aplinkosaugos ir socialinių problemų. Todėl daug vilčių siejama su darnumo samprata. Pastaruoju metu darnumo ir darnaus vystymosi sąvokos vartojamos labai dažnai. Jos nagrinėjamos daugelyje mokslinių sričių: projektų valdymo (Ebbesen, Hope 2013, Brook, Pagnanelli 2014, Silvius, Schipper 2014, Daneshpour 2015, Økland 2015, Marcelino-Sadaba *et al.* 2015, Martens, Carvalho 2016), verslo ekonomikos (Coenen *et al.* 2012, Martins *et al.* 2013, Bistрова *et al.* 2014, Ciemleja, Lace 2015), statybos (Ding 2008, Bynum *et al.* 2013, Zolfani, Zavadskas 2013, Kildienė 2014, Al-mahmoud, Doloi 2015, Ruparathna, Hewage 2015, Whang, Kim 2015) bei daugelyje kitų. Be to, šios sąvokos dažnai vartojamos sinonimiškai (Robinson 2004, Lozano 2008, Wass *et al.* 2014, Utz *et al.* 2015).

Literatūros apžvalga parodė, kad sutartos darnumo apibrėžties nėra. Pasaulinė aplinkos ir vystymosi komisija (1987) darnų vystymąsi apibrėžė kaip „vystymąsi, kuris leidžia patenkinti dabartinius poreikius, nesumažinant būsimų kartų galimybių patenkinti savuosius“. Ši apibrėžtis apima dvi sąvokas: poreikių, visų pirma būtiniausių pasaulio neturtingųjų (šiai turėtų būti teikiamas prioritetas), ir aplinkos gebėjimo patenkinti dabarties ir ateities poreikius apribojimų,

kuriuos lemia technologijų lygis ir visuomeninė sistema (Brundtland 1987). Kaip pagrindinis darnumo elementas pabrėžiamas orientavimosi į ateitį aspektas. Toks rūpinimasis ateitimi reiškia išmintingą gamtos išteklių naudojimą ir kitus aspektus, susijusius su aplinkosauginiu pėdsaku. Vis dėlto darnumui užtikrinti būtinas ne tik aplinkosauginis, „žaliasis“, aspektas, bet ir socialinis (Silvius *et al.* 2012, Martens, Carvalho 2016). Pasak Ebbesen ir Hope (2013), ši apibrėžtis visų pirma yra teorinė arba konceptuali, ja nesiekama pasiūlyti problemos, kaip darnaus vystymosi principą suderinti su pagrindiniu verslo (ir tam tikru mastu projektų) tikslu gauti pelno, sprendimo būdų.

Platesnė darnumo apibrėžtis pagrįsta trijų matmenų, t. y. socialinio, aplinkosauginio ir ekonominio, integravimu; šie matmenys sudaro tris darnumo ramsčius, žinomus kaip „triple bottom line“ (trejopos veiklos apskaita) (Elkington 1997) (1.3 pav.).



**1.3 pav.** Darnumo 3P koncepcija (šaltinis: Elkington 1997)

**Fig. 1.3.** The Tripple-P concept of sustainability (source: Elkington 1997)

Ekonominis darnumas paprastai gerai suprantamas ir yra operacionalizuotas veiklos lygmeniu (Cruz, Wakolbinger 2008, Gimenez *et al.* 2012, Martens, Carvalho 2016). Tačiau aplinkos ir socialinis darnumas ne visada toks aiškus. Veiklos lygmeniu aplinkos darnumas reiškia energijos ir kitų išteklių naudojimą bei veiklos metu susidarančių atliekų valdymą. Aplinkos darnumas dažnai siejamas su atliekų, taršos mažinimu, energijos vartojimo efektyvumu, išmetamųjų teršalų

mažinimu, mažesniu pavojingųjų, kenksmingųjų ir nuodingųjų medžiagų vartojimu bei ekologinių avarių tikimybės sumažinimu (Gimenez *et al.* 2012, Martens, Carvalho 2016). Kita vertus, socialinis darnumas orientuotas į vidaus (darbuotojų) ir išorės bendruomenes (Pullman *et al.* 2009). Socialinis darnumas reiškia, kad organizacijos suteikia vienodas galimybes, skatina įvairovę ir ryšius bendruomenėje bei už jos ribų, prisideda prie gyvenimo kokybės gerinimo ir užtikrina demokratinius procesus bei atsakingo valdymo struktūras (Elkington 1997). Iš tiesų, įmonės turi užsiimti ĮSA (įmonių socialinės atsakomybės) veikla, norėdamos pagerinti savo socialinę reputaciją (Gimenez *et al.* 2012). Trijų ramsčių koncepcija reiškia ne tik socialiai atsakingą ir aplinką tausojantį organizacijų elgesį, bet ir tai, kad eigoje galima gauti finansinės naudos (Martens, Carvalho 2016). Tokiu atveju darnus vystymasis tapatinamas su racionalia visuomene, kuriai būdingas švarus verslas ir atitinkamai ekonominė plėtra (De Araújo, Mendonça 2009).

Trejų pusių veiklos apskaita parodo darnumo esmę, įvertinus pasaulyje vykdomos organizacinės veiklos poveikį. Remiantis šia perspektyva darnumas nėra tik valdymo priemonė organizacijoms. Norėdamos tęsti veiklą ilgalaikėje perspektyvoje, organizacijos turi imtis priemonių, kuriomis prisidėtų prie darnaus gamtos ir žmoniškųjų išteklių valdymo, prie visuomenės gerovės bei visos ekonomikos vystymo (Martens, Carvalho 2016).

Rutkauskas ir Lapinskaitė (2012), nagrinėdami darnaus vystymosi aspektus verslo aplinkoje, išskyrė vieną kitai prieštaraujančias nuomones, pavyzdžiui, Davidson (2011) teigė, jog apibrėžties esmė tokia miglota, kad tampa beprasme. Anot Lindsey (2001), ši apibrėžtis tokia nekonkreči, kad praktiškai nepritaikoma, ji yra tokio bendro pobūdžio, kad kiekvienas gali su ja sutikti. Tačiau reikėtų nepamiršti, kad ši apibrėžtis yra viena dažniausiai cituojamų ir tapo gilesnių, konceptualesnių apibrėžčių ašimi (Rutkauskas, Lapinskaitė 2012).

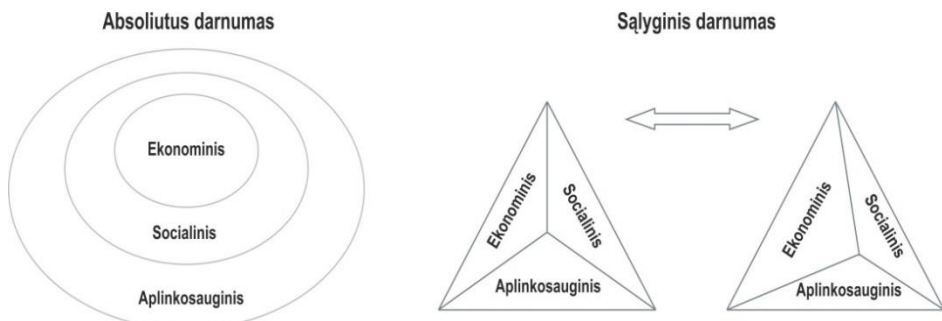
Nepaisant prieštarų nuomonių, darnumo aspektai, atspindintys Brundtland apibrėžtį, yra nuolat įtraukiami į įmonių strateginius ir veiklos planus (Davidson 2011, Martens, Carvalho 2016). Be to, dėl vis didesnės tendencijos pritaikyti šią visiems žinomą tiesą verslo pasaulyje ne tik susiformavo darnaus vystymosi samprata, kurią Galbreath (2009) apibrėžė kaip verslo strategiją, kuria siekiama sukurti ilgalaikę vertę suinteresuotosioms šalims, įtraukiant galimybes ir valdant su ekonominiu, aplinkos bei socialiniu vystymusi susijusią riziką, bet ir atsirado darnaus įmonės vystymosi koncepcija, pastaraisiais dešimtmečiais tapusi daugelio tyrimų studijų objektu.

Kalbant apie darnumo apibrėžtį, būtina pažymėti, kad literatūroje ji dažnai skaidoma į absoliutų (stiprų) darnumą (angl. *strong sustainability*) ir sąlyginį (silpną) darnumą (angl. *weak sustainability*) (Čiegis *et al.* 2005, Wu, Wu 2012, Mikalauskienė 2014) (1.4 pav.). Stipraus ir silpno darnumo interpretacijos gali būti grindžiamos gamtinio ir ekonominio kapitalo atsargų pakeičiamumo ir vie-

nas kito papildymo galimybėmis. Stiprus darnumas reikalauja, kad abu jie nemažėtų kurio nors svarbaus rodiklio atžvilgiu. Stiprus darnumas vaizduojamas kaip trys persipynę apskritimai, o tai reiškia, kad aplinka užtikrina gamtos išteklius ir ekosistemų paslaugas, kurių reikia ekonominiam ir socialiniam vystymuisi, taigi anot gamtinio kapitalo ir žmonių sukurto kapitalo, tarpusavio pakeičiamumas nėra išimtingas (Wu, Wu 2012). Ekonominis vystymasis priklauso ir nuo socialinio, ir nuo aplinkos kapitalo, tuo tarpu aplinkos sąlygas veikia tiek ekonominiai, tiek socialiniai procesai. Vadovaujantis stipraus darnumo kriterijais, daroma prielaida, kad gamtinis kapitalas ir ekonominis kapitalas gamybos procese daugiausiai vienas kitą papildo, o ne pakeičia.

Vyraujančioms ekonominėms teorijoms atstovaujantiems ekonomistams priimtinesnė yra silpna darnumo versija, orientuota į būklės, kuriai esant „gerovė nemažėja laikui bėgant“, užtikrinimą (Mikalauskiene 2014). Silpno darnumo atveju norima pasiekti nemažėjantį bendro kapitalo lygį, numatant trijų darnumo ramsčių tarpusavio pakeitimą.

Kalbant apie silpną ir stiprų darnumą, pažymėtina, kad prie silpno darnumo versijos buvo pereita tada, kai paaiškėjo, kad stipri darnumo koncepcija yra aiškiai nepraktiška. Taikant silpno darnumo koncepciją, darnumas reikštų žmonių gerovės palaikymą tokiu būdu, kad ji galėtų augti ar bent jau neprastėtų (Čiegis *et al.* 2005, Mikalauskiene 2014).



**1.4 pav.** Pagrindinių darnumo aspektų ir jų santykių iliustracija  
(šaltinis: Wu, Wu 2012)

**Fig. 1.4.** Illustration of key components of sustainability and their relationship (source: Wu, Wu 2012)

Nors šie trys matmenys yra plačiai aptariami literatūroje, dėl jų tarpusavio ryšių vis dar nesutariama. Pavyzdžiui, ar galima žemą aplinkos kokybės lygį pakeisti aukštu ekonominio išsivystymo lygiu? Diskutuojant apie silpną ir stiprų darnumą, pagrindinis klausimas yra tai, ar darnumas leidžia gamtinį ir žmonių sukurtą kapitalą pakeisti vieną kitu. Silpno darnumo atveju galimas šių trijų

matmenų tarpusavio pakeitimas, tuo tarpu stipraus darnumo atveju – ne. Dėl sparčiai senkančių gamtos išteklių ir poveikio aplinkai dėl augančio gyventojų skaičiaus vis labiau pripažįstama, kad darnumo pagrindas yra aplinkosaugos matmuo. Paprastas, tačiau įtikinamas argumentas yra tas, kad, neužtikrinus tinkamo biologinės įvairovės ir ekosistemų funkcijų bei paslaugų lygio, ekonominis ar socialinis vystymasis nebus darnus. Šie konceptualūs klausimai turi didelės įtakos formuojant ir taikant darnumo matus. Pavyzdžiui, remiantis trijų ramsčių koncepcija, su darnumu susiję matai gali būti skirstomi į aplinkosauginius, ekonominius ir socialinius rodiklius, ir tik tais, kurie vienu metu apima visus tris matmenis, galima visapusiškai įvertinti darnumą. Savo ruožtu, nuo to, koks darnumas – stiprus ar silpnas – pasirenkamas, priklausys, kaip bus vertinamas bendras darnumas. Kiekybiniai matai gali padėti paaiškinti ir patikslinti su darnumu susijusias sąvokas, pagilinti mūsų supratimą apie sudėtingus darnumo sudedamųjų dalių ryšius ir taip prisidėti prie darnaus vystymosi mokslo ir praktikos. Sudarant kiekybinius darnumo matus, reikia aiškiai nurodyti, kokius darnumo aspektus norima vertinti, kuriuos aspektus norima išlaikyti ar plėtoti ir kaip šie skirtingi aspektai turėtų būti vienas su kitu susiję ar integruoti. Taip darnumo sąvokai būtų suteikta tikslumo (Wu, Wu 2012).

Lietuvių kalbos žodyne žodis „darnus“ apibūdinamas kaip susiderinęs, harmoningas. Šiame darbe vartojamas žodis *darnumas* apibūžiamas kaip ekonominių, socialinių ir aplinkosauginių aspektų harmonija.

Darbe vartojamas terminas *darnus projektas* apibrėžiamas kaip laikina veikla, kuria siekiama sukurti produktą ar paslaugą kartu derinant ekonominius, socialinius ir aplinkosauginius aspektus.

### 1.3.2. Darnumo kriterijų integravimas į projektų portfelio valdymą

Nors esama daugybės šaltinių projektų (projektų portfelio) valdymo ar paties darnumo tema, palyginti nedaug autorių darnumą susiejo su projektų valdymu (Tufinio *et al.* 2013, Martens, Carvalho, 2013). Šis ryšys apima daugybę koncepcijų, atsižvelgiant į tyrimų grupės taikytą požiūrį (Tufinio *et al.* 2013, Martens, Carvalho 2016). Šiame skirsnyje aptariama literatūra apie projektų valdymą ir darnumą, siekiant suprasti, kaip darnumas integruojamas į projektų ir projektų portfelio valdymą.

Pripažindamas, kad dar daugiau reikėtų nuveikti siekiant sukurti darnesnę visuomenę, buvęs Projektų valdymo asociacijos pirmininkas Tom Taylor vienas pirmųjų užsiminė, kad projektų valdymo bendruomenė turėtų susipažinti su darnumo klausimu (APM 2006). Darnumu projektų valdymo srityje pirmiausia siekiama užtikrinti gamtos išteklių apsaugą, daryti teigiamą poveikį visuomenei ir stiprinti pasaulio ekonomiką. Projektų valdymo institutas teigia,

kad darnumas projektų valdymo srityje – tai naujas pasaulinis verslo organizavimo ir projektų valdymo modelis siekiant į kiekvieną etapą įtraukti darnumą (Gutiérrez 2014).

Vienose pirmųjų publikacijų apie darnumą ir projektų valdymą Labuschagne ir Brent (2005) darnų vystymąsi susiejo su projekto gyvavimo ciklo valdymu gamybos pramonėje. Jie apibūdino tris darnaus vystymosi tikslus (socialinės lygybės, ekonominio efektyvumo ir aplinkosaugos veiksmingumo), aptardami įvairias projekto gyvavimo ciklo valdymo problemas. Gareis *et al.* (2009) sukūrė modelį, skirtą darnaus vystymosi ir projektų valdymo ryšiams. Modelis apima darnaus vystymosi principus ir projektų valdymo tikslus. Silvius ir Schipper (2010) sukūrė brandos modelį, skirtą integruoti darnumą į projektų valdymą. Šiuo modeliu vertinamas lygis (t. y. verslo procesas, verslo modelis, projekto produktas ir paslaugos), pagal kurį projekte atsižvelgiama į skirtingus darnumo aspektus.

Oehlmann (2011) laikėsi akademiškesnio požiūrio į darnumą projektuose. Ji sukūrė darnaus pėdsako metodiką, skirtą analizuoti ir nustatyti atitinkamą socialinį, aplinkosauginį ir ekonominį projekto poveikį. Vandaele ir Decouttere (2013) nagrinėjo, kaip sudaryti geriausią portfelį, atsižvelgiant į organizacijos strategiją, kurioje, be kita ko, numatyti darnūs tikslai. Siekdami paremti strateginį mokslinių tyrimų ir technologinės plėtros portfelio valdymą, autoriai sukūrė duomenų apgaubties analizės (angl. *Data Envelopment Analysis*, DEA) modelį. Autoriai taip pat pasiūlė, kaip DEA įvesties duomenis naudoti plėtros išlaidas, investicijų išlaidas ir techninę riziką, o kaip DEA išvesties duomenis – tokius veiklos rezultatų rodiklius kaip rinkos dydis, konkurencija, pardavimo potencialas, pelningumas ar techninė sėkmės tikimybė. Sanchez (2014) sukūrė sistemą, kuria siekiama padėti užtikrinti, kad organizacija imtųsi tinkamų projektų savo verslo strategijai įgyvendinti ir suinteresuotųjų šalių poreikiams patenkinti. Autorius mano, kad taikant šią konceptualią sistemą galima integruoti darnumą ir projektų valdymą veiklos požiūriu. Khalili-Damghani ir Tavana (2014) pasiūlė visapusišką sistemą, skirtą darnaus strateginio projekto atrankos problemai. Keli straipsniai baigiami išvada, kad darnumo aspektų integravimas į projektų valdymo procesą būtų tolygu naujos paradigmos įvedimui (Shipper *et al.* 2010, Eskerod *et al.* 2013).

Galiausiai GPM Global sukūrė PRiSM (angl. *Projects integrating Sustainable Methods*) priemonę, kurioje atsižvelgiama į aplinkosaugos ir socialinius veiksnus. Tai darnumu paremtas projektų įgyvendinimo metodas. PRiSM buvo sukurta tam, kad organizacijos į projektų procesus integruotų darnumo iniciatyvas. PRiSM principai atitinka P5 standartą, pagal kurį į projektą integruojami produktų (techninis aspektas), procesų (valdymo aspektas), pelno (finansinis aspektas), planetos (aplinkosaugos aspektas) ir žmonių (socialinis aspektas) klausimai. „GPM P5 standartas – tai priemonė, padedanti suderinti

portfelius, programas ir projektus su organizacijos darnumo strategija, o daugiausia dėmesio skiriama projektų procesų ir rezultatų poveikiui aplinkai, visuomenei, įmonių finansiniam rezultatui ir vietos ekonomikai.“ (GPM 2014).

Projektų valdymo srityje darnumas ir ypač aplinkosaugos matmuo plačiai taikomi statybos projektuose (Marcelino-Sádaba *et al.* 2015). Statybos projektuose darnumo daugiausia paisoma statant pastatus, tačiau keletą pastarųjų metų būta bandymų ir civilinės inžinerijos sektoriuje (Fernández-Sánchez, Rodríguez-López 2010). Kalbant konkrečiau, statybos projektai nuodugniau nagrinėjami todėl, kad jie daro reikšmingą poveikį aplinkai, visuomenei ir ekonomikai (Yao *et al.* 2011).

Naujausios akademinės literatūros apžvalga rodo, kad ir toliau nemažai dėmesio skiriama darnumo klausimui projektų portfelio valdymo srityje. 1.4 lentelėje apibendrinami naujausi tyrimai.

**1.4 lentelė.** Aktualių darbų santrauka (2015–2016) (šaltinis: autorė)

**Table 1.4.** Summary of relevant works (2015–2016) (source: author)

Nuoroda	Straipsnio rūšis	Straipsnio tikslas	Taikyti metodai	Taikymo sritis	*
Økland 2015	Literatūros apžvalga	Apžvelgti darnumo aspektą projektų valdymo srityje	205 straipsnių apžvalga	Nenurodyta	Ne
Martens, Carvalho 2015	Literatūros apžvalga, atvejų analizė	Išnagrinėti, kaip įmonės įtraukia darnumo aspektą į projektų valdymo funkciją	Literatūros apžvalga, kelių atvejų analizės metodas	Nenurodyta	Ne
Marcelin-Sádaba <i>et al.</i> 2015	Literatūros apžvalga, konceptualus	Pristatyti naujausius pasiekimus, susijusius su darnumu projektų valdymo srityje, ir pasiūlyti naują konceptualią sistemą siekiant prisidėti prie darnaus projekto valdymo	110 straipsnių apžvalga	Pramonės ir civilinės inžinerijos projektai	Ne
Silvius, Schipper 2015	Literatūros apžvalga, konceptualus	Sukurti konceptualų modelį darnumo ir projekto sėkmės ryšiui tirti	Literatūros apžvalga	Nenurodyta	Ne



## 1.4 lentelės pabaiga

Nuoroda	Straipsnio rūšis	Straipsnio tikslas	Taikyti metodai	Taikymo sritis	*
Sánchez 2015	Konceptualus	Pristatyti teorinę projektų vertinimo sistemą, pagal kurią atsižvelgiama į pelną ir ekonominį, aplinkosauginį bei socialinį poveikį	Literatūros apžvalga, BSC (subalansuota rezultatų suvestinė), DEA (duomenų apgaubties analizė) atvejo tyrimas	Nenurodyta	Ne
Siew <i>et al.</i> 2016	Konceptualus	Pristatyti neapibrėžtumu pagrįstą metodą brandos lygiams įvertinti	Literatūros apžvalga, neapibrėžtumu pagrįstas metodas	Nenurodyta	Ne
Pimentel <i>et al.</i> 2016	Literatūros apžvalga	Pateikti literatūros, susijusios su kiekybinių sprendimų paramos metodų, į kuriuos įtrauktas darnumo aspektas, analizę	Literatūros apžvalga	Kasybos pramonės projektai	Ne
Siew <i>et al.</i> 2016	Konceptualus	Pasiūlyti sistemą infrastruktūros projektų darnumui vertinti	Literatūros apžvalga, MCDM	Infrastuktūros projektai	Ne
Siew 2016	Konceptualus	Pasiūlyti darnumo projektų portfelyje vertinimo būdą	Literatūros apžvalga	Statybos projektai	Iš dalies
Higham <i>et al.</i> 2016	Struktūrinis tyrimas	Įvertinti aprūpinimo socialiniu būstu sektoriaus projektų darnumą	Literatūros apžvalga, tyrimas	Gyvenamųjų namų atnaujinimo projektai	Ne

\* Ar darnumo klausimas buvo nagrinėjamas projektų portfelio sudarymo ir (arba) išteklių paskirstymo projektų portfelyje kontekste?

Dauguma darbų yra konceptualaus pobūdžio. Pavyzdžiui, Marcelino-Sádaba *et al.* (2015) parodo darnumo ir projektų valdymo tarpusavio sąsajas bei apibrėžia naują konceptualią darnių projektų valdymo sistemą. Jų darbas grindžiamas prielaida, kad pagrindiniai darnių projektų elementai yra atsižvelgiant į darnumo kriterijus sukurti projekto produktai, darnūs projekto procesai, į darnumą orientuotos organizacijos ir darnumo žinių turintys projektų vadovai.

Pimentel *et al.* (2016) pateikia literatūros, susijusios su kiekybinių sprendimų paramos metodų, į kuriuos įtrauktas darnumo aspektas, kūrimu ir taikymu kasybos pramonėje, analizę. Autoriai daro išvadą, kad neturėtų būti vykdoma jokia kasybos veikla, nebent jos ilgalaikis poveikis žmonių ir ekosistemos gerovei būtų teigiamas.

Akademinių literatūros apžvalga parodė, kad nėra straipsnio, kuriame projektų portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo klausimas būtų nagrinėjamas darnumo kontekste bei būtų išplečiamos dabartinės žinios apie darnumą projektų portfelio valdymo srityje pateikiant empiriškai išbandytą finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelį. Todėl, atsižvelgiant į tai, kad projektų portfelio sudarymas ir išteklių paskirstymas yra vieni svarbiausių klausimų projektų portfelio valdymo srityje (Salehi 2015, Mohagheghi *et al.* 2015), kitame skyriuje analizuojamos darnumo integravimo į finansinių išteklių paskirstymą projektų portfelyje teorinės galimybės.

## **1.4. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas**

1. Stiprėjanti konkurencija, globalizacijos procesai, žiniomis ir inovacijomis grįstos ekonomikos plėtra skatina organizacijas transformuotis iš tradicinio valdymo organizacijų į projektines. Dauguma šiuolaikinių organizacijų plėtojamos projektais – jų veiklos strategijos įgyvendinamos vykdant projektinę veiklą. Dažnoje organizacijoje vienu metu įgyvendinami keli ar net kelios dešimtys projektų. Projektams tenka varžytis dėl ribotų išteklių. Organizacijų poreikis efektyviai paskirstyti išteklius projektų portfelyje itin padidino projektų portfelio valdymo aktualumą.
2. Literatūros analizė parodė, kad projektų portfelio valdymo apibrėžtis moksliniuose šaltiniuose traktuojama nevienodai, tačiau autoriai sutaria, kad projektų portfelio valdymą reikėtų įdiegti tam, kad būtų užtikrinta, jog organizacija, parinkusi ir valdydama tinkamą projektų portfelių, įgyvendins savo strategiją.
3. Projektų atranka ir išteklių paskirstymas yra vienos svarbiausių projekto portfelio valdymo sričių. Mokslinės literatūros analizė atskleidė, kad iki XX a. aštuntojo dešimtmečio dauguma projektų atrankos ir išteklių paskirstymo sprendimų buvo pagrįsti modeliais, pagal kuriuos buvo atsižvelgiama tik į vieną kriterijų ir tik nuo XX a. devintojo dešimtmečio kuriami portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo modeliai, kurių tai-

kymas leidžia sudaryti optimalų projektų portfelį, atsižvelgiant į daugiau kriterijų.

4. Dažniausiai nagrinėjamas projektų portfelio sudarymas ir išteklių paskirstymas, pagrįstas finansiniais, rizikos ir strateginio suderinimo kriterijais. Tačiau vis dažniau į projektų portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo uždavinius įtraukiami papildomi kriterijai ir / ar apribojimai. Uždaviniams sudėtingėjant, dauguma autorių siūlo taikyti daugiakriterinius sprendimų priėmimo metodus.
5. Literatūros analizė patvirtino darnumo aktualumą valdant projektų portfelį. Vis daugiau mokslininkų supranta, kad reikia ieškoti patikimų būdų integruoti šiuolaikinius darnaus vystymosi reikalavimus į projektų portfelio valdymą.
6. Siekiant disertacijos tikslo gauti kokybiškai naują finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje priemonę, analizuoti moksliniai šaltiniai leidžia formuluoti tolesnius uždavinius: išsiaiškinti skirtingų mokslo šakų (ekonomikos, matematikos, informatikos) ir mokslinių tyrimų kryptių (moderniosios portfelio teorijos ir darnumo) sinergijos galimybes; sudaryti sudėtinį projekto darnumo indeksą ir jį integruoti į Markowitz vidurkio-dispersijos modelį; sukurtą modelį patikrinti pasirinktoje įmonėje bei įvertinti darnumo poveikį finansiniam projektų portfelio rezultatui.



---

## **Darnumo kriterijų integravimo į finansinių išteklių paskirstymą teoriniai pagrindai**

Šiame skyriuje nagrinėjamos darnumo kriterijų integravimo į finansinių išteklių paskirstymą projektų portfelyje teorinės prielaidos. Aprašoma sudėtinio projekto darnumo indekso sudarymo metodika, nagrinėjama modernioji portfelio teorija ir jos plėtojimo kryptys. Analizuojami daugiakriteriniai sprendimų priėmimo metodai ir jų taikymo galimybės sudarant sudėtinį indeksą ir sprendžiant portfelio sudarymo bei išteklių paskirstymo klausimus. Šio skyriaus tyrimų rezultatai buvo paskelbti trijuose moksliniuose straipsniuose: Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2015), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2016), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2016a).

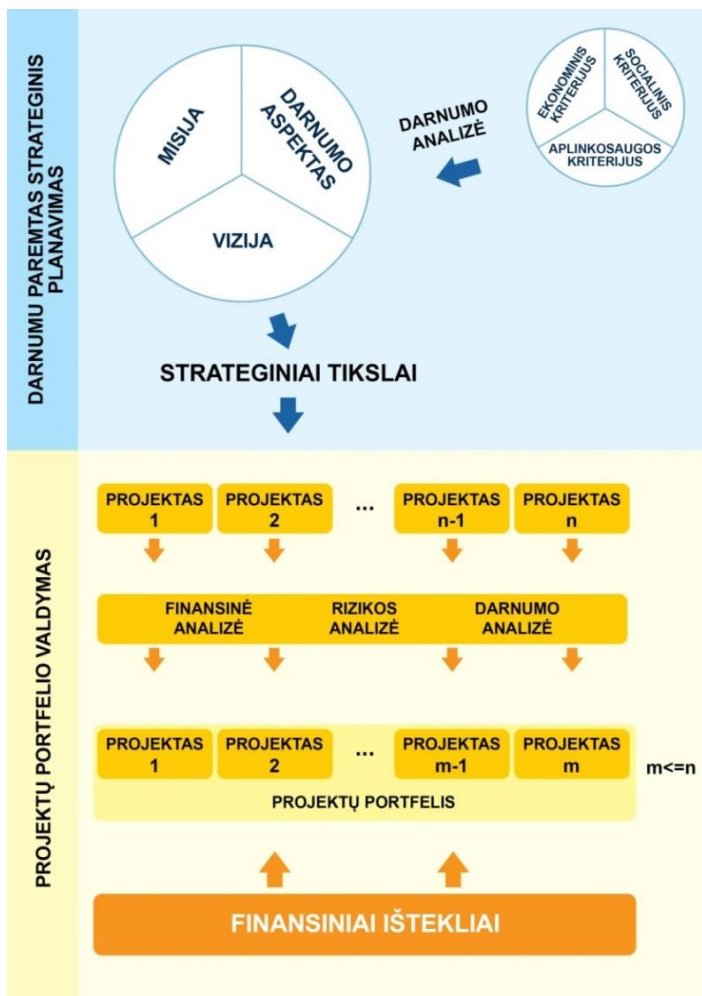
### **2.1. Į darnumą orientuoto finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje sistema**

Vis svarbesnį vaidmenį pasaulinėje darnaus vystymosi politikoje atlieka savanoriškos verslo pastangos, kurias tiesiogiai ir netiesiogiai veikia visuomenės požiūris į jų veiklą. Organizacijų vadovai vis dažniau supranta, kad vadovautis vien

ekonomine, neretai – savanaudiškumo logika, nėra gerai. Jie suvokia, kad reikia įvertinti ir prisitaikyti prie naujų pokyčių, ieškoti vis naujų išteklių, kartu atsižvelgti į aplinkosaugos reikalavimus, nekalbant apie socialinius darbuotojų ir visuomenės poreikius. Tačiau esama ir tokių vadovų, kurie kategoriškai priešinasi darnaus verslo vystymui, manydami, kad visa tai yra tik lėšų švaistymas arba tokių, kurie suvokia darnumo naudą, bet nežino, kaip to pasiekti. Todėl nemažai autorių savo darbuose siekia įrodyti, kad organizacijoms naudinga tapti darniomis (Girotra, Netessine 2013, Danciu 2013, Šimanskienė, Petrulis 2014, Martens, Carvalho 2016). Darnios organizacijos turi tokius pačius tikslus kaip ir visos organizacijos, t. y. maksimalus pelnas, minimalios sąnaudos. Tačiau tai turi būti siekiama nekenkiant aplinkai ir visuomenei. Darnumo teikiama nauda organizacijoms – ilgalaikis visuomenės pritarimas ir pasitikėjimas, palankus organizacijos įvaizdis, organizacijos gaminių ar teikiamų paslaugų paklausa, užtikrinanti tolesnį jos vystymąsi ir galimybę dirbti pelningai (Šimanskienė, Petrulis 2014, Oželienė, Drejeris 2015). Girotra ir Netessine (2013), Danciu (2013), Martens ir Carvalho (2016) teigia, kad šiuolaikinės įmonės neturi kito pasirinkimo kaip tik tapti darniomis. Darnumas turi tapti jų strategijos dalimi.

Taigi, darnumas yra vienas svarbiausių dabartinių klausimų, todėl akivaizdu, kad šis naujas elementas vienaip ar kitaip turi būti įtrauktas į sprendimų priėmimo procesą, kai skirstomi finansiniai ištekliai projektų portfelyje. 2.1 paveiksle pateikiama į darnumą orientuoto finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje sistema, kurią sudaro dvi dalys. Pirma dalis susijusi su darnumo integravimu į strateginio planavimo procesą. Darnumo kriterijai (ekonominis, socialinis ir aplinkosaugos) laikomi pagrindiniu strateginio planavimo elementu. Pirmosios dalies rezultatas – projektų, kuriais remiami strateginiai tikslai, rinkinys. Darbe daugiau ši dalis nenagrinėjama, tik daroma prielaida, kad visi projektai atitinka strateginius, į darnumą orientuotus tikslus. Antroji sistemos dalis skirta tam, kad būtų sudarytas projektų portfelis, kuriame ištekliai paskirstomi atsižvelgiant ne tik į finansinius kriterijus, bet ir į darnumą. Į darnumą orientuoto finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje atveju atsižvelgiama į ekonominį, socialinį ir aplinkosauginį projekto matmenis. Taigi, pasirenkant, kokius projektus įtraukti į portfelį, ir sprendžiant, kaip paskirstyti finansinius išteklius projektų portfelyje, reikėtų atlikti ne tik finansinę ir rizikos analizę, bet ir darnumo analizę. Finansinė analizė atliekama siekiant nustatyti projekto efektyvumą, remiantis numatomais pinigų srautais. Dauguma autorių, vertindami projekto efektyvumą, taiko šiuos rodiklius: investicijų grąžos, atsipirkimo laikotarpio, buhalterinės grąžos normos, grynosios dabartinės vertės, vidinės grąžos normos, pelningumo indekso ir modifikuotos vidinės grąžos normos. Rizikos analizę sudaro dvi viena kitą papildančios dalys: kokybinė ir kiekybinė. Kokybinė analizė atliekama taikant įvairius eksperimentinius metodus. Atliekant kokybinę analizę nustatomi visi rizikos ir neapibrėžtumo veiksniai, taip pat jų reikšmė projektui.

Kiekybinės analizės užduotis – kiekybiškai įvertinti rizikos veiksnių nuokrypių poveikį projekto efektyvumui. Darnumo analizė skirta įvertinti projekto darnumą. Literatūros analizė parodė, kad, priimant sprendimus dėl projektų atrankos ir išteklių paskirstymo, nemėginta įvertinti projekto darnumo.



**2.1 pav.** Į darnumą orientuoto finansinių išteklių paskirstymo sistema (šaltinis: autorė)

**Fig. 2.1.** Framework for sustainability-oriented financial resource allocation (source: author)

Atsižvelgiant į tai, kad projektų portfelio sudarymo principus nusako modernioji portfelio teorija, pakanka suprasti, kad projektų atrankos etape gautas projektų pelningumas ir standartiniai pelningumo nuokrypiai (arba dispersijos) gali būti taikomi sudarant projektų portfelį (Siew 2016). Taip pat, atsižvelgiant į tai, kad skirtingiems darnumo aspektams vertinti naudojami darnumo rodikliai arba sudėtiniai indeksai (Ness *et al.*, 2007, Kemmler, Spreng, 2006, Böhringer, Jochem, 2007, Singh *et al.*, 2007, Ugwu, Haupt, 2007, Sanchez, Lopez, 2010, Čiegis, 2010, Manzini *et al.*, 2011, Zhou *et al.*, 2012, Singh *et al.* 2012, O’Ryan, Pereira, 2015, Mainali, Silveira 2015, Lee, Zhong 2015, Tvaronavičienė *et al.* 2015), projekto darnumas gali būti vertinamas taikant sudėtinį indeksą.

Toliau darbe bus išanalizuoti sudėtinų indeksų sudarymui taikomi daugiakriteriniai sprendimų priėmimo metodai, išnagrinėta modernioji portfelio teorija ir galiausiai įvertinamos daugiakriterinių sprendimų priėmimo teorijos galimybės, siekiant į Markowitz vidurkio-dispersijos modelį įtraukti naują kintamąjį – darnumą.

## 2.2. Darnumo indeksas – veiksminga darnumo vertinimo priemonė

Darnumo vertinimas vis dar yra palyginti nauja sritis (Waas *et al.* 2014) ir, Bond *et al.* (2012) teigimu, yra pirmajame raidos etape, kai ankstyva praktika transformuojama, kad atitiktų naujas aplinkybes ir sąlygas. Darnumo vertinimo praktika yra labai įvairi (Cinelli *et al.* 2014), todėl pateikiama įvairių darnumo vertinimo apibrėžčių. Turbūt labiausiai visaapimančią apibrėžtį pasiūlė Bond *et al.* (2012). Jie apibrėžia darnumo vertinimą kaip „procesą, kai priimant sprendimus dėmesys sutelkiamas į darnumą“. Visų pirma, atliekant darnumo vertinimą, sprendimų priėmėjams suteikiama informacija, užtikrinanti, kad sprendimas būtų priimtas remiantis geriausiomis turimomis žiniomis apie visapusišką apgalvotą sprendimo poveikį darnumui. Geriausiu atveju taip pasirenkama darnaus vystymosi požiūriu geriausia alternatyva. Taigi, atliekant darnumo vertinimą, užtikrinamos pasirinkimo galimybės (Bond *et al.* 2012) ir nurodomos veiksmų gairės. Antra, atliekant darnumo vertinimą operacionalizuojama darnaus vystymosi sąvoka, suteikiant jai reikšmę tam tikrame socialiniame ir aplinkosaugos kontekste (Bebbington *et al.* 2007). Jis taip pat yra priemonė faktiškai organizuoti ir struktūrinti suinteresuotųjų šalių dalyvavimą (Waas *et al.* 2014). Trečia, darnumo vertinimas yra mokymosi procesas, galintis paskatinti susijusių suinteresuotųjų šalių (sprendimų priėmėjų) žinių, nuomonės apie darnumą ir požiūrio į jį pasikeitimus (Nooteboom 2007). Naujos žinios ir diskusijos prieš priimant sprendimą gali suteikti jiems naujų išvalgų ir perspektyvų, taigi sudaryti galimybes įvykti pokyčiams sprendimų priėmimo procese (Wass *et al.* 2014). Ga-



liausiai darnumo vertinimas suteikia sistemingą ir laipsnišką informacijos struktūrinimo metodą, leidžiantį sprendimų priėmėjams spręsti darnaus vystymosi sudėtingumo klausimą.

Darnumo vertinimo metodikas galima suskirstyti į keturias pagrindines grupes (Ness *et al.* 2007): a) rodikliai ir indikatoriai; b) darnumo vertinimo instrumentai produktų lygmenyje; c) darnumo vertinimo instrumentai projektų lygmenyje; d) darnumo vertinimo instrumentai ekonomikos sektorių ir šalies lygmenyse.

Darnumo vertinimo metodai gali būti suskirstyti į tokias kategorijas (Ness *et al.* 2007, Čiegis, Ramanauskienė 2011): a) rodikliai (indeksai), kurie dar skirstomi į integruotus ir neintegruotus; b) su produktais susijęs vertinimas, kuris akcentuoja produkto ar paslaugos medžiagų ir (arba) energijos srautus gyvavimo ciklo požiūriu; c) integruoti vertinimo metodai, kurių rinkinys yra skirtas strateginiams pokyčiams ar projektų įgyvendinimui.

Moldan *et al.* (2012), kalbėdami apie darnumo rodiklių kūrimo metodus ir jų agregavimo lygius, išskiria: a) rodiklius; b) agreguotus rodiklius; c) sudėtinius rodiklius; d) indeksus.

Darnumo rodikliai yra pagrindinė ir veiksminga darnumo vertinimo priemonė sprendimų priėmimo procese (Dahl 2012, Pintér *et al.* 2012, Singh *et al.* 2012, Wass *et al.* 2014, O’Ryan, Pereira, 2015). Per pastaruosius du dešimtmečius buvo kuriama daug įvairių darnumo rodiklių, skirtų įvairioms suinteresuotoms šalims, taikomų skirtingame kontekste visame pasaulyje siekiant skirtingų tikslų, naudojant daug įvairių metodikų (Dahl 2012, Pintér *et al.* 2012, Cinelli *et al.* 2014, Štreimikienė 2014, Tvaronavičienė *et al.* 2015).

Rodiklis yra kintamasis arba bendra kelių kintamųjų suma ar funkcija (Gallopín 1996), susijęs su atskaitos (angl. *reference*) verte, suteikiančia reikšmę kintamųjų įgyjamoms vertėms (Pintér *et al.* 2012, Singh *et al.* 2012, Wass *et al.* 2014, Mainali, Silveira 2015). Tam tikras rodiklis, jeigu jam nesuteikiama atskaitos vertė, nieko nepasako apie darnumą (Wass *et al.* 2014). Atskaitos vertės galėtų būti, pavyzdžiui, tikslas, norma, standartas ar lyginamasis indeksas (Gallopín 1996). Taigi rodiklis rodo veiklos rezultatus kaip „atstumo iki tikslo“ vertinimą. Juo vertinamas atstumas tarp dabartinių ar numatytų kintamųjų dydžių verčių ir atskaitos verčių. Atskaitos vertė yra suprantama kaip darnumas arba, kitaip tariant, vertė, kuriai esant pasiekiamas darnumas (Van de Kerk, Manuel 2008).

Didelę įtaką darnumo rodiklių metodikoms padarė rodiklių kūrimas įvairiose srityse (pavyzdžiui, ekonominės plėtros, socialinės pažangos, gyvenimo kokybės ir kt.). Apskritai galima išskirti dvi plačias darnumo rodiklių metodikas: „iš viršaus į apačią“ (rengiamos ekspertų iniciatyva) ir „iš apačios į viršų“ (rengiamos suinteresuotųjų šalių iniciatyva). Taikant metodus „iš viršaus į apačią“, naudojami kiekybiniai rodikliai, kuriuos sudaro ekspertai, taikydami tikslas ir

aiškiai apibrėžtas metodikas. Tuo tarpu taikant metodus „iš apačios į viršų“, naudojami kokybiniai rodikliai, kuriuos sudaro suinteresuotosios šalys, taikydamos numanomas ir aiškiai neapibrėžtas metodikas (Singh *et al.* 2012, Wass *et al.* 2014). Galimas (ir net rekomenduojamas) bet koks abiejų metodikų derinys (Bebbington *et al.* 2007, Dahl 2012, Hak *et al.* 2012), atsižvelgiant į reikalingą skirtingų žinių (pavyzdžiui, suinteresuotųjų šalių, piliečių, nespecialistų žinių, palyginti su ekspertų, mokslinėmis žiniomis) apie (vietos) aplinką ir (vietos) visuomenę derinį.

Rodikliai dažnai sujungiami į vieną metrinį matą, paprastai vadinamą „indeksu“ arba „sudėtinio indeksu“ (Singh *et al.* 2012, Wass *et al.* 2014, Lee, Zhong 2015, Mainali, Silveira 2015). Sudėtinis indeksas yra paprasta matematinė vertė, gaunama sujungiant keletą rodiklių. Jis gali būti naudojamas siekiant palengvinti bendravimą, sprendimų priėmimą, lyginamąją analizę (Lee, Zhang 2015). Taigi darnumo rodikliai ir sudėtiniai indeksai palaipsniui naudojami kaip veiksminga informacijos apie darnumą perdavimo politikos formuotojams ir plačiajai visuomenei priemonė (Singh *et al.* 2012, Mainali, Silveira 2015).

Nagrinėjant „stipraus“ ir „silpno“ darnumo apibrėžtis, akivaizdu, kad paties darnumo vertinimas priklauso nuo trijų ramsčių derinimo. Silpno arba stipraus darnumo sampratos naudojimas priklauso nuo balansavimo laipsnio, pasiekiamo taikant agregavimo procedūrą (Marinez-Alier *et al.* 1998). Apskritai, yra dvi galimybės: sujungti tris matmenis į vieną rodiklį arba jų nejungti (Ness *et al.* 2007). Tačiau jei pasirenkamas antrasis variantas, pateikiama informacija apie vienintelę kiekvieno veiksnio reikšmę, nenustatant bendros sistemos. Kita vertus, tris matmenis sujungus į vienintelį „darnumo indeksą“, galimas visapusiškas vertinimas. Šiuos matmenis galima jungti labai įvairiai. Pavyzdžiui, kai kuriais indeksais apibendrinami visi trys matmenys, nepateikiant papildomos informacijos apie kiekvieno ramsčio reikšmę ir vaidmenį. Toks požiūris dėl balansavimo, kuris taikomas socialiniam, ekonominiam ir aplinkosaugos aspektams, labai panašus į silpno darnumo sampratą. Kita galimybė yra sujungti du matmenis (Borgia, Cortina 2010). Tokiu atveju paprastai sujungiami socialinis ir ekonominis matmenys, o aplinkosaugos ramstis lieka atskirtas. Šis požiūris gali būti naudingas atliekant vertinimą, kai socialinių ir ekonominių duomenų turima mažai, kad juos būtų galima vertinti atskirai. Trečiasis būdas – sudarant indeksą visus tris matmenis išlaikyti atskirus. Taikant daugiakriterinių sprendimų priėmimo metodus, galima sudaryti visų trijų rūšių indeksus.

### **2.2.1. Daugiakriterinių sprendimų priėmimo metodų taikymo galimybės sudarant sudėtinį projekto darnumo indeksą**

Nemažai autorių (Baležentis, Štreimikienė 2013, Singh *et al.* 2012, Giambona, Vasallo 2014, Štreimikienė *et al.* 2012, Mainali, Silveira 2015, Paredes-Gazquez

*et al.* 2015) yra plačiai išnagrinėję daugiakriterinių sprendimų priėmimo metodų taikymą sudėtinių indeksų sudarymo kontekste. Anot Mendoza ir Prabhu (2000), šių metodų naudojimo išplitimą nulėmė kelios priežastys, iš kurių svarbiausia yra ta, kad galima kiekybiškai įvertinti kiekvieną sudėtingą reiškinį.

Daugiakriterinis sprendimų priėmimas (angl. *Multiple Criteria Decision Making* – MCDM) leidžia įvertinti sprendimų alternatyvas atsižvelgiant į daugelį tikslų (kriterijų). MCDM modelius ir metodus galima suskirstyti į dvi pagrindines grupes (Bernroider, Stix 2007, Liou, Tzeng 2012, Zavadskas *et al.* 2014, Mardani *et al.* 2015):

- Daugiatikslius sprendimų priėmimo (angl. *Multiple Objective Decision Making* – MODM), kai sprendžiama optimizacijos problema turint tikslo funkciją bei įvertinant tam tikrus apribojimus. Šie metodai tiesiogiai taikomi sprendžiant portfelio optimizavimo problemą. Išsamesnė šių metodų analizė atlikta 2.4 skirsnyje.
- Daugelį veiksnių įvertinančius sprendimo priėmimo (angl. *Multiple Attribute Decision Making* – MADM) – tai sprendimų priėmimas, skirtas diskretiniam variantų lyginimui. Mokslininkų darbuose šios grupės metodai dažniausiai taikomi reitinguojant į portfelį traukiamus aktyvus, tiriant įvairius ekonomikos reiškinius. Pagal šios grupės metodų analizę bus sudarytas sudėtinis projekto darnumo indeksas.

MADM metodai nagrinėja problemas, kurių sprendinių aibė yra diskreti, t. y. ją sudaro aibė galimų alternatyvų ( $A = A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m$ ). Alternatyvos – tai galimi skirtingi ir tikslingi sprendimai, apibūdinami tam tikrais rodikliais ( $X = X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$ ). Rodikliai atspindi tam tikrus alternatyvų nagrinėjimo aspektus, ir kiekvienas iš jų apibūdina vieną alternatyvos savybę.

Pagrindinius MADM veiksmus galima išdėstyti tokia tvarka (Turskis *et al.* 2009): 1. Alternatyvų, susijusių su siekiamu tikslu, kūrimas, atranka. 2. Kriterijų, apibūdinančių nagrinėjamas alternatyvas, atranka, analizė, susietų rodiklių atmetimas. 3. Svarbiausių kriterijų atranka ir neesminių kriterijų išmetimas. 4. Kiekvieno kriterijaus svorio (reikšmingumo) nustatymas. 5. Kriterijų, aprašančių alternatyvas, surinkimas. 6. Surinktų kriterijų reikšmių parinkimas. 7. Nagrinėjamų alternatyvų pagal surinktas kriterijų reikšmes vertinimas taikant daugiatikslių funkciją. 8. Norminio analizės metodo taikymas. 9. Vienos iš alternatyvų kaip priimtinausios parinkimas. 10. Jei nėra viena iš nagrinėtų alternatyvų nepriimtina, ieškomos kitos alternatyvos, surenkami duomenys ir vėl kartojamas vertinimo ciklas.

Dažniausiai tokie uždaviniai sprendžiami matricine forma. Pirmiausia sudaroma uždavinio sprendimo matrica iš tiek eilučių, kiek yra alternatyvų, ir tiek stulpelių, kiek yra kriterijų. Sprendimų priėmimo matrica yra normalizuojama –

paverčiama tokia, kurioje kriterijų skaitinės reikšmės neturi jokių matavimo vienetų. Toliau normalizuota sprendimų priėmimo matrica yra įvertinama, t. y. kiekvieno kriterijaus reikšmės yra dauginamos iš atitinkamo kriterijaus reikšmingumo. Kriterijų reikšmingumų suma turi būti lygi vienetui.

Mokslinėje literatūroje randama daug MADM grupės metodų, skirtų ekonominiams reiškiniams tirti (Zavadskas, Turskis 2011, Simanavičienė 2011, Mardani *et al.* 2015). Pagal pradinių duomenų, naudojamų alternatyvų rangavimui, tipą MADM metodai klasifikuojami į deterministinius, stochastinius ir neapibrėžtų (angl. *fuzzy*) aibių teorijos metodus. Kitaip MADM metodus galima klasifikuoti pagal tai, kiek sprendimo priėmėjų dalyvauja priimančiam sprendimą. Atsižvelgiant į sprendimų priėmėjų skaičių, gali būti vieno asmens sprendimas arba grupės sprendimas (Simanavičienė 2011). Taip pat MADM metodai skirstomi pagal informaciją, gautą iš sprendimą priimančio asmens, apie rodiklius (Zavadskas, Turskis 2011, Simanavičienė 2011). Klasifikacija pateikiama 2.1 lentelėje.

**2.1 lentelė.** Daugelį veiksnių įvertinančių sprendimo priėmimo metodų klasifikacija (šaltinis: Zavadskas, Turskis 2011, Simanavičienė 2011)

**Table 2.1.** A taxonomy of methods for the multiple attribute decision making (source: Zavadskas, Turskis 2011, Simanavičienė 2011)

Metodų klasė	Informacija apie rodiklius	Metodai
Metodai pagrįsti daugiakriterine naudingumo teorija	Kiekybiniai matavimai	SAW, TOPSIS, TOPSIS-G, CORPAS, CORPAS-G, ARAS, MOORA, VIKOR, MultiMOORA
Analitinės hierarchijos ir neapibrėžtų aibių metodai	Kokybiniais matavimams suteikiamas kiekybinis pavidalas	AHP, Fuzzy TOPSIS, Fuzzy AHP
Verbalinės analizės sprendimų metodai	Kokybiniai matavimai, nepereinama prie kiekybinių kintamųjų	ZAPROS, PARK, ORKCLASS, CLARA, DIFLASS, CIKL
Lyginamosios preferencijos metodai	Kiekybiniai ir kokybiniai matavimai	ELECTRE metodai, PROMETHEE metodai, MELCHIOR metodas, UTA metodas, MAUT metodas, TACTIC metodas ir kt.

MADM sritis nėra iki galo išnagrinėta. Be to, nėra nustatyta, kuris metodas tinkamiausias sprendžiant vienokio ar kitokio tipo uždavinius (Kildienė 2014). Kiekvienas metodas turi savų privalumų ir trūkumų. Stankevičienė ir Žinytė (2011) teigia, jog SAW (angl. *simple additive weighting*) yra vienas paprasčiausių, plačiausiai žinomų ir lengvai praktiškai pritaikomų metodų. Išanalizavęs SAW ir COPRAS (angl. *COmplex PROportional Assessment*, COPRAS) metodus, Podvezko (2011) padarė išvadą, kad skaičiavimo rezultatai taikant šiuos metodus sutampa, jei visi rodikliai yra maksimizuojantys, tačiau, jeigu yra minimizuojančių rodiklių, COPRAS metodas yra mažiau efektyvus. Antuchevičienė *et al.* (2011) tyrė artumo idealiajam taškui (angl. *Technique for the Order Preference by Similarity to Ideal Solution*, TOPSIS), CORPAS ir VIKOR metodais gautų alternatyvų sutapimą. Tyrimas parodė, kad TOPSIS ir COPRAS metodais gautų alternatyvų prioritetų eilė sutampa labiau nei kitų metodų. Chakraborty (2011) nustatė, kad MOORA (angl. *Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis*) pranoksta analitinį hierarchijos procesą (angl. *Analytic Hierarchy Process*, AHP), TOPSIS, VIKOR, ELECTRE, PROMETHEE skaičiavimo laiko, aiškumo, patikimumo atžvilgiu.

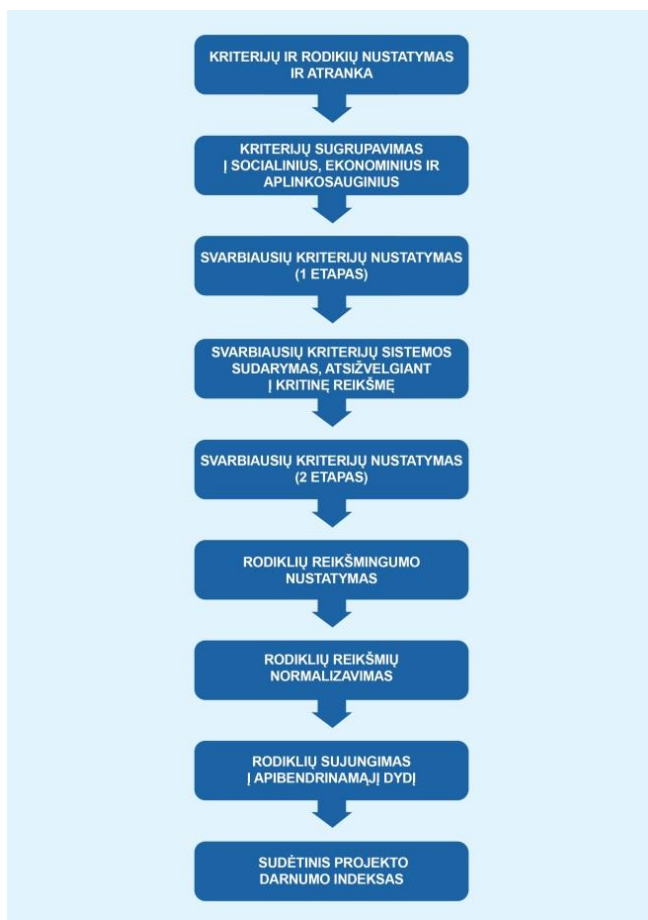
Apibendrinant galima teigti, kad sprendžiant daugelį kriterijų aprašomų uždavinių (pvz., sudėtinio indekso sudarymui) MADM metodų taikymas yra nepakeičiama priemonė.

### 2.2.2. Sudėtinio projekto darnumo indekso sudarymo metodika

Esama įvairių sudėtinių rodiklių sudarymo metodikų (Singh *et al.* 2012, Cinelli *et al.* 2014, Wass *et al.* 2014). Nardo *et al.* 2008 m. aprašė sudėtinio indekso sudarymo sistemą, kuri apima keletą etapų, iš jų svarbiausi – rodiklių reikšmingumų nustatymas ir agregavimas (rodiklių sujungimas į vieną apibendrinamąjį dydį). Kiti etapai: rodiklių ir duomenų atranka, trūkstamų duomenų priskyrimas, pasirinktų rodiklių normalizavimas. Hatefi ir Torabi (2010) pasiūlė sudarant sudėtinius rodiklius taikyti bendro MCDA-DEA koeficiento metodą, Zhou *et al.* (2012) sukūrė dauginamąjį optimizavimo metodą sudėtiniais rodikliams sudaryti. Paredes-Gazquez *et al.* (2016) sudėtinio indekso sudarymo procesą suskirstė į šešis etapus: 1) teorinio pagrindo sudarymo (pagrindas turėtų būti daugiamačis ir orientuotas į suinteresuotąsias šalis); 2) rodiklių atrankos; 3) tiriamosios rodiklių analizės (nagrinėjami keturi aspektai: rodiklio skirstinys, rodiklio rūšis, trūkstami duomenys ir riktai); 4) daugiamatės analizės (vertinamas duomenų aibės pakankamumas ir tampa lengviau suprasti sudėtiniam indeksui sudaryti pasirinktą metodiką); 5) normalizavimo, svertinio įvertinimo ir agregavimo; 6) neapibrėžtumo ir jautrumo analizės (tikrinamas sudėtinio indekso tikslumas, patikimumas), taip pat vertinamas neapibrėžtumas, siejamas su indekso sudary-

mo sprendimais, kurių negalima pagrįsti teorinėmis priežastimis ar duomenų savybėmis).

Remiantis įvairiomis sudėtinių indeksų sudarymo metodikomis (Ginevičius, Podvezko 2005, Cherchye 2007, Singh *et al.* 2007, Ugwu, Haupt 2007, Nardo *et al.* 2008, Andriušaitienė *et al.* 2008, Hatefi, Torabi 2010, Sanchez, Lopez 2010, Chen *et al.* 2010, Zhou *et al.* 2012, Kildienė 2014, Lee, Zhang 2015, Paredes-Gazquez *et al.* 2016), toliau pateikiama viena galimų sudėtinio projekto darnumo indekso sudarymo metodikų (2.2 pav.).



**2.2 pav.** Sudėtinio projekto darnumo indekso sudarymo metodika  
(šaltinis: autorė)

**Fig. 2.2.** A method for constructing a composite sustainability index of a project (source: author)

Pirmiausia nustatomi visi kriterijai, galintys paveikti nagrinėjamą objektą tyrimo tikslų aspektu. Remiantis literatūros šaltinių analize ar ekspertų apklausa, sudaromas kriterijų sąrašas. Taip pat šiame etape suformuojami kriterijus atspindintys rodikliai. Kriterijai suskirstomi į tris grupes (socialiniai, ekonominiai ir aplinkosauginiai).

Svarbiausių kriterijų nustatymas, svarbiausių kriterijų sistemos sudarymas, atsižvelgiant į kritinę reikšmę. Svarbiausių kriterijų sistemos sudarymas yra labai svarbus etapas (Singh *et. al.* 2007, Fernández-Sánchez, Rodríguez-López 2010). Vertinimas bus adekvatus, jeigu į sistemą bus įtraukti visi esminiai kriterijai, veikiantys nagrinėjamą reiškinį (Podvezko 2007). Kiekvienas kriterijus nagrinėjamą reiškinį veikia nevienodai, todėl svarbu, ar bus įtrauktas konkretus kriterijus į sistemą. Tai subjektyvus procesas. Įtraukiamų kriterijų sudėtis priklauso nuo ekspertų kvalifikacijos, t. y. ekspertai į sistemą įtrauks tik, jų nuomone, tikrai svarbius kriterijus. Į sistemą gali būti įtrauktas ribotas kriterijų skaičius. Kai jų yra per daug, sunku įvertinti kiekvieno kriterijaus daromą įtaką galutiniam rezultatui. Yra keletas galimybių iš pasiūlytų kriterijų atrinkti svarbiausius. Jei kriterijų skaičius  $m$  yra gana mažas ( $m < 20$ ), galima nustatyti kriterijų  $K_i$  svorius  $\omega_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ), taikant, pavyzdžiui, kriterijų porinio palyginimo T. Saaty metodą (Saaty 1980, Podvezko 2008). Šio metodo trūkumas, kad ekspertai laisvai pasirenka ribines svorių reikšmes, o nuo to priklauso konkreti poaibio sudėtis. Jeigu ekspertų kvalifikacija aukšta, svarbiausi kriterijai kartojasi praktiškai visuose atskirų ekspertų sąrašuose ir sudaro kuriamos kriterijų sistemos pagrindą.

Tiriamą reiškinio rodiklių reikšmingumo nustatymas. Atskiri rodikliai, apibūdinantys tiriamąjį objektą, turi nevienodą įtaką nagrinėjamam tikslui. Todėl, taikant kiekybinius daugiakriterinius vertinimus, labai svarbu nustatyti rodiklių reikšmingumą, t. y. jų svorius. Rodiklių reikšmingumas pagal nustatymo būdą gali būti skirstomas į objektyvų ir subjektyvų. Rodiklių subjektyvus reikšmingumas atspindi jų nustatančio asmens subjektyvų požiūrį į rodiklio svarbą. Objektyvus rodiklių reikšmingumas nustatomas naudojant objektyvią informaciją apie rodiklius. Dažniausiai naudojamas subjektyvusis vertinimas, kai rodiklių svorius nustato ekspertai (Podvezko, Podvezko 2014).

Ekspertinis vertinimas suprantamas kaip apibendrinta ekspertų grupės nuomonė, kurią gaunant pasitelkiamos specialistų ekspertų žinios, intuicija ir patirtis. Tai procedūra, leidžianti suderinti atskirų ekspertų nuomones ir suformuoti bendrą sprendimą.

Ekspertu vadinamas specialistas, turintis tam tikros srities žinių ir patyrimo (Sėrikvienė 2013). Ekspertinio vertinimo patikimumas priklauso nuo ekspertų grupės dydžio, ekspertų sudėties pagal specialybę ir ekspertų savybių.

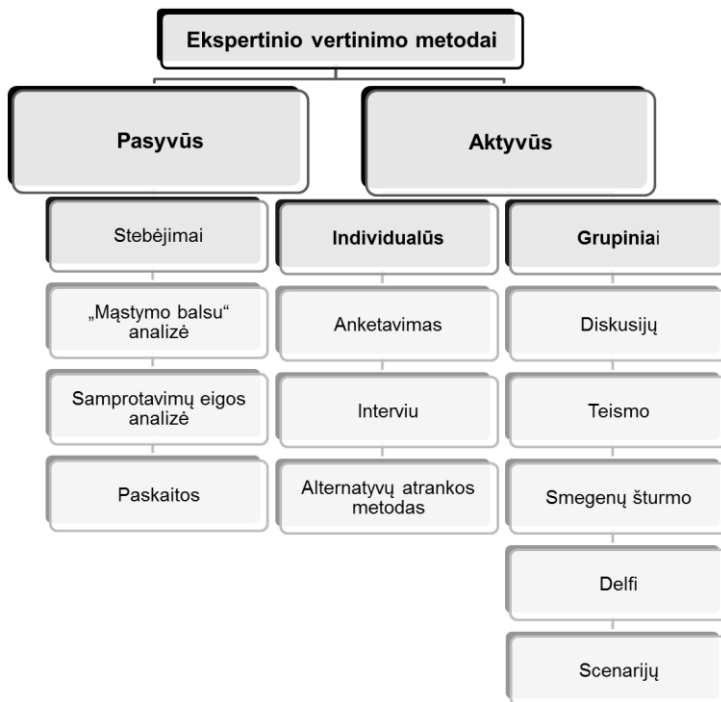
Ekspertiniai vertinimo metodai taikomi (Maknickienė 2015):

- 1) kai informacijos yra daug, tačiau ji yra kokybinio pobūdžio arba daugiakriterinė;
- 2) kai informacijos nepakanka, t. y. prognozavimo uždaviniuose.

Ekspertinio vertinimo metodologija grindžiama šiomis prielaidoms:

- 1) ekspertas yra sukaupęs daug racionaliai apdorotos informacijos ir todėl gali būti informacijos šaltiniu;
- 2) ekspertų grupės nuomonė nedaug skiriasi nuo tikrojo problemos sprendinio.

Ekspertinio vertinimo metodai klasifikuojami keliais būdais. Pirmiausia jie skirstomi į aktyvius ir pasyvius, o šie savo ruožtu į dar dvi grupes – individualius ir grupinius. Šios dvi grupės skirstomos dar smulkiau (2.3 pav.) (Rudzkienė, Burinskienė 2007).



**2.3 pav.** Ekspertinių vertinimo metodų klasifikacija  
(šaltinis: Rudzkienė, Burinskienė 2007)

**Fig. 2.3.** A classification of expert evaluation methods  
(source: Rudzkienė, Burinskienė 2007)



Taigi, kai rodiklių reikšmingumą skaičiavimo pagrindą sudaro ekspertų vertinimai, rodiklių svoriai nustatomi taikant matematinės statistikos metodus. Nuo pasirinkto vertinimo metodo priklauso svorių reikšmės ir jų tikslumas. Nepaisant taikomo metodo, vertinimo logika yra tokia pati: svarbiausias  $i$ -tasis rodiklis turės didžiausią svorį  $\omega_i$ . Susitarta, kad svorių suma turi būti lygi vienetui (Podvezko, Podvezko 2014):

$$\sum_{i=1}^m \omega_i = 1. \quad (2.1)$$

Nustatytas svorių reikšmės galima taikyti, jeigu ekspertų nuomonės yra suderintos. Dviejų ekspertų nuomonių suderinamumą kiekybiškai galima įvertinti taikant koreliacijos koeficientą. Jeigu ekspertų daugiau negu du, grupės ekspertų suderinamumo lygis nustatomas konkordancijos koeficientu (Podvezko 2008). Kendalo konkordancijos koeficientas  $W$  skaičiuojamas pagal formulę (Ginevičius, Podvezko 2008):

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (2.2)$$

čia  $W$  – Kendalo konkordancijos koeficientas;  $S$  – rangų nuokrypio nuo vidurkio suma;  $n$  – objektų (rodiklių) skaičius ( $i = 1, 2, \dots, n$ );  $m$  – ekspertų skaičius ( $j = 1, 2, \dots, m$ ).

Jei ekspertų nuomonės praktiškai nesiskiria, konkordancijos  $W$  reikšmė artima 1, o jei vertinimai prieštaringi, –  $W$  reikšmė artima 0.

Taip pat reikia įvertinti ekspertų nuomonių patikimumą. M. Kendal įrodė (Ginevičius, Podvezko 2008), kad jeigu objektų (rodiklių) skaičius  $n > 7$ , konkordancijos koeficiento reikšmingumas gali būti nustatytas naudojant Pirsono kriterijų. Atsitiktinis dydis

$$\chi^2 = m(n - 1)W, \quad (2.3)$$

pasiskirstęs pagal  $\chi^2$  skirstinį su  $\nu = n - 1$  laisvės laipsniu. Pagal pasirinktą reikšmingumo lygį  $\alpha$  (praktikoje  $\alpha$  reikšmė 0,05 arba 0,01) iš  $\chi^2$  skirstinio lentelės su  $\nu = n - 1$  laisvės laipsniu randame kritinę reikšmę  $\chi_{kr}^2$ . Jeigu pagal 2.3 formulę apskaičiuota  $\chi^2$  reikšmė didesnė už  $\chi_{kr}^2$ , ekspertų vertinimai yra suderinti.

Tiriamos rodiklių reikšmių normalizavimas. Normalizavimas būtinas, nes rodikliai paprastai būna išreikšti skirtingais vienetais. Atitinkamai transformuojant rodiklius, visų jų reikšmės tampa bedimensės. Normalizuotos bedimensių rodiklių reikšmės priklauso intervalui  $[0;1]$ . Galimi normalizavimo metodai: mažiausios ir didžiausios reikšmės, atstumo iki atskaitos vertės, iš eilės einančių metų metinių skirtumų procentinio dydžio (Zhou *et al.* 2012). Taikant atstumo iki atskaitos vertės metodą, normalizuota reikšmė apskaičiuojama kaip rodiklio ir išorinio lyginamojo standarto (arba tikslinės reikšmės) santykis. Išori-

nis lyginamasis standartas gali būti apibrėžiamas konkrečiam gamybos sektoriui taikomomis normomis ir standartais, vietos teisės aktais ar kitais susijusiais dokumentais (Zhou *et al.* 2012). Pirmiausia reikia nustatyti, kokio pavidalo – maksimizuojamojo ar minimizuojamojo – yra kiekvienas rodiklis. Geriausios maksimizuojamųjų rodiklių reikšmės – didžiausios, minimizuojamųjų – mažiausios. Yra metodų (pvz., SAW), jungiančių tik maksimizuojamųjų rodiklių reikšmes, todėl minimizuojamuosius rodiklius reikia pertvarkyti (normalizuoti) į maksimizuojamuosius pagal formulę (Podvezko 2008):

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{\min_j r_{ij}}{r_{ij}}, \quad (2.4)$$

čia  $r_{ij}$  –  $j$ -osios alternatyvos  $i$ -ojo rodiklio reikšmė;  $\min r_{ij}$  – mažiausia  $i$ -tojo rodiklio reikšmė. Normalizavus duomenis pagal 2.4 formulę, mažiausia reikšmė įgis didžiausią reikšmę, lygią vienetui.

Analogiškai ir maksimizuojamųjų rodiklių reikšmes galima pertvarkyti taip, kad didžiausia (geriausioji) rodiklio reikšmė įgytų didžiausią reikšmę, lygią vienetui:

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{r_{ij}}{\max_j r_{ij}}, \quad (2.5)$$

čia  $\max r_{ij}$  – didžiausia  $i$ -tojo rodiklio reikšmė.

Rodiklių sujungimas į apibendrinamąjį dydį. Dažniausiai naudojamas sujungimo būdas – atskirų svertinių ir normalizuotų rodiklių susumavimas. Plačiai taikomas paprastasis adityvus svorių metodas (angl. *Simple Additive Weighting* – SAW). Skaičiuojama visų rodiklių pasvertų normalizuotų reikšmių suma  $S_j$  kiekvienam  $j$ -tajam objektui. Ji nustatoma pagal formulę (Hwang, Yoon 1981):

$$S_j = \sum_{i=1}^m \omega_i \tilde{r}_{ij}, \quad (2.6)$$

čia  $i$ -tojo rodiklio svoris,  $\tilde{r}_{ij}$  –  $i$ -tojo rodiklio normalizuota reikšmė  $j$ -tajam objektui,  $\sum_{i=1}^m \omega_i = 1$ .

Paskutiniame etape atliekama gautų rezultatų analizė.

## 2.3. Modernioji portfelio teorija ir jos raida

Harry Markowitz, 1952 m. parašęs statistikos srities daktaro disertaciją, padėjo moderniosios portfelio teorijos pagrindus. Svarbiausias Markowitz modelio aspektas buvo portfelį sudarančių vertybinių popierių skaičiaus ir jų kovariacinių santykių poveikio portfelio diversifikavimui aprašymas (Megginson 1996). Jo disertacijos išvados „Portfolio Selection“ („Portfelio sudarymas“) (1952) pirmą

kartą buvo paskelbtos leidinyje „The Journal of Finance“. Vėliau, išleidus knygą „Portfolio Selection: Efficient Diversification“ („Portfelio sudarymas: efektyvus diversifikavimas“) (1952), šios išvados buvo gerokai išplėstos. Maždaug po trisdešimties metų Markowitz buvo skirta Nobelio premija už indėlį į šiuolaikinę portfelio teoriją ekonomikos ir įmonių finansų srityje.

Tobin (1958) išplėtojo Markowitz darbą, į analizę įtraukdamas nerizikingą turtą, kad portfeliai ant efektyvumo kreivės būtų sudaromi atitinkamai naudojant finansinį svертą sumažinant skolintų lėšų dalį. Taip buvo suformuotos ypač efektyvaus portfelio ir kapitalo rinkos linijos sąvokos. Vėliau Sharpe (1964) parengė kapitalo įkainojimo modelį, pagal kurį visi investuotojai turėtų turėti rinkos portfelį, sudarytą naudojant arba sumažinant finansinį svертą, o jame būtų su nerizikingu turtu susijusios pozicijos.

Būtina paminėti, kad Markowitz portfelio sudarymo teorija yra „normatyvinė teorija“, kuria apibūdinama, kaip turėtų elgtis investuotojai sudarydami portfelį (Fabozzi *et al.* 2002). Ir priešingai, Sharpe kapitalo įkainojimo teorija laikoma „pozityviaja teorija“, kai keliamos hipotezės, kaip investuotojai iš tikrųjų elgiasi, o ne kaip jie turėtų elgtis (Mangram 2013). Kartu šios teorijos sudaro teorinį investicijų rizikos nustatymo ir vertinimo bei tikėtinos grąžos ir rizikos santykio plėtojimo pagrindą.

Lietuvos mokslininkai taip pat domisi ir plėtoja moderniąją portfelio teoriją. Rutkauskas (2000) yra vienas pirmųjų Lietuvos mokslininkų, išanalizavęs moderniosios portfelio teorijos trūkumus ir pasiūlęs adekvačiojo portfelio idėją, papildančią moderniąją portfelio teoriją. Autoriaus siūlomas modelis investicijų portfelio optimizavimo analizei išplėsti pasitelkia papildomą kriterijų – patikimumą. Grąžos galimybės nagrinėjamos pagal tris dimensijas: efektyvumą, patikimumą ir rizikingumą. Patikimumo dimensija rodo galimybių patikimumą esant bet kuriam rizikos lygmeniui (Rutkauskas 2006). Analizuojant patikimumą, pasitelkiamas galimybių tikimybės skirstinys. Stasytytė (2011) papildė adekvačiojo portfelio suvokimą pabrėždama, kad portfelio adekvatumas pasireiškia tuo, kad plėtojamas portfelio modelis, nagrinėjantis kiekvieno tikėtino pelningumo galimybę atsižvelgiant į tos galimybės garantiją, tokiu būdu yra adekvatus investicijų pelningumo galimybių (laukiamos grąžos) stochastinei prigimčiai.

Adekvačioji portfelio teorija, skirtingai nei modernioji portfelio teorija, orientuota į rezultatų patikimumo įvertinimą. Vietoj efektyviosios linijos čia nustatomas efektyvusis paviršius. Moderniosios portfelio teorijos siekis objektyviai subendramatinti investicijos pelningumą ir rizikingumą ir sudaryti galimybę parinkti optimalų portfelį, atsižvelgiant į investuotojo abejingumo kreivę. Efektyvioji linija – tai fundamentali tokio parinkimo ir optimizavimo priemonė. Adekvačiojo portfelio teorijos siekis subendramatinti pelningumo, rizikingumo ir patikimumo lygmenis. Efektyvusis paviršius, kuris susiformuoja kaip portfelio galimybių reikšmių išlikimo funkcijų ir izogarančių sankirta, ne tik tarnauja to-

kiam subendramatinimui, bet ir tampa apribojimų aibe ieškant didžiausio naudingumo galimybės investuotojui (Stasytė 2011).

### 2.3.1. Modernioji portfelio teorija

Modernioji portfelio teorija yra paremta esmine prielaida – visi investuotojai yra racionalūs ir savo sprendimais siekia maksimalios ekonominės naudos, t. y. investuotojai visus finansinius sprendimus orientuoja į maksimalią grąžą ir visada stengiasi minimizuoti patiriamą riziką. Markowitz (1952) pirmasis savo darbuose pavartojo terminus „tikėtina vidutinė portfelio grąža“, „portfelio rizika“, „portfelio diversifikavimas“. Naudingą moderniosios portfelio teorijos apibrėžtį pateikė Mangram (2013), kuris teigia, kad „novatoriškas Markowitz darbas padėjo pagrindus moderniajai portfelio teorijai – investicijų portfelių atrankos ir sudarymo sistamai, pagrįstai tikėtinos portfelio grąžos maksimizavimu ir kartu investicijų rizikos minimizavimu“.

Modernioji portfelio teorija dažnai vadinama vidurkio-dispersijos analize, pagal kurią terminas „vidurkis“ ir „vidutinė tikėtina grąža“ vartojami sinonimiškai, o „dispersija“ reiškia nurodytą riziką (Mangram 2013). Nuo tada vidurkio-dispersijos analizė tapo moderniojo portfelio atrankos ir optimizavimo pagrindu.

Su moderniąja portfelio teorija susijusius rizikos veiksnus galima nustatyti taikant įvairias matematines formules ir analizuoti pasitelkus diversifikavimo sąvoką. Diversifikavimas – tai skirtingų investicinių priemonių įtraukimas į portfelį, siekiant padidinti pelno apimtį ir garantijas bei sumažinti riziką. Diversifikavimu siekiama optimizuoti svertinį investicinio turto rinkinį, kuris susijęs su mažesne rizika, palyginti su investicija į bet kokią atskirą turto vienetą arba turto klasę. Iš esmės, pagrindinis moderniosios portfelio teorijos elementas yra investicijų diversifikavimas. Markowitz darbas parodė, kad investuotojai gali derinti savo finansinį turtą taip, kad laikantis tokio požiūrio, padidėtų investicijų grąža ir kartu sumažėtų su jomis susijusi rizika (Bai *et al.* 2008).

Markowitz suformuluota modernioji portfelio teorija turi tam tikrų trūkumų. Pavyzdžiui, Campbell ir Viceira (2004) nurodo: „Taikant šį metodą naudingai pabrėžiama diversifikavimo geba siekiant sumažinti riziką, tačiau neatsižvelgiama į keletą labai svarbių veiksnių. Visų pirma, analizė yra statinė, daroma prielaida, kad investuotojams rūpi tik rizika, palyginti su nauda, per ateinančią laikotarpį.“ Autoriai taip pat teigia, kad dalis institucinių ir individualių investuotojų labiau suinteresuoti plėtoti ilgalaikę vartojimo sistemą. Be to, esama ir vidurkio-dispersijos analitinio požiūrio apribojimų, pavyzdžiui, kaip aiškinamas finansinis turtas ir pajamos. Šiuo klausimu Campbell ir Viceira (2004) priduria: „Pagal vidurkio-dispersijos analizę finansinis turtas atsiejamas

nuo pajamų. Ilgalaikiai investuotojai paprastai nuolat gauna pajamų ir jomis, kartu su finansiniu turtu, remia savo vartojimą.“

Dar vienas svarus vidurkio-dispersijos modelio trūkumas yra tas, kad dispersija yra simetriškas matas. Taigi, vienodi svoriai priskiriami ir neigiamiems, ir teigiamiems nukrypimams nuo tikėtinos portfelio grąžos, o tai reiškia, kad nepabrėžiama neigiama rizikos prasmė (Stasytė 2011).

Nepaisant šių trūkumų, Markowitz parodė, kad tam tikromis aplinkybėmis galima sudaryti optimalų investicijų portfelį, pagrįstą dviem esminiais matmenimis: tikėtina portfelio grąža ir portfelio rizika (dispersija).

### 2.3.2. Moderniosios portfelio teorijos plėtojimo kryptys

Nors daugiau kaip šešiasdešimt metų vidurkio-dispersijos modelis buvo labiausiai paplitęs, būta bandymų išplėsti jo taikymo sritį (Qi *et al.* 2015). Pradinis Markowitz vidurkio-dispersijos modelis iš esmės buvo plėtojamas trimis kryptimis (Anagnostopoulou, Mamanis 2010, Stasytė 2011) (2.4 pav.).



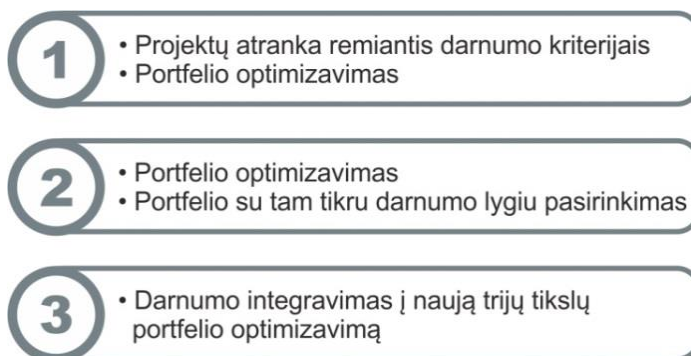
**2.4 pav.** Markowitz modelio plėtojimo kryptys (šaltinis: Anagnostopoulou, Mamanis 2010, Stasytė 2011)

**Fig. 2.4.** Markowitz's model development directions (source: Anagnostopoulou, Mamanis 2010, Stasytė 2011)

Šiame darbe pirmosios dvi plėtojimo kryptys nenagrinėjamos. Analizuojama tik trečioji kryptis – papildomo kriterijaus ir (ar) apribojimo įtraukimas. Nors ši kryptis yra glaudžiai susijusi su antrąja – alternatyvių rizikos matų įvedimu. Pastaruoju metu vis daugiau autorių supranta papildomo kriterijaus ir (ar) apribojimo įtraukimo į portfelio sudarymą naudą (Stasytė 2011, Anagnostopoulou, Mamanis 2011, Steuer *et al.* 2013, Qi *et al.* 2015, Hadi *et al.* 2016). Analizuojant šią kryptį, išryškėja vidurkio-rizikos-trečio parametro modeliai (Jana *et al.* 2009, Aboulaich *et al.* 2010, Anagnostopoulou, Mamanis 2010, Qi *et al.* 2015,

Stasytė 2011, Aouni *et al.* 2014, Qi *et al.* 2015). Tokiuose modeliuose, be vidurkio ir rizikos, siūlomas ir trečias portfelio reikšmės parametras (pvz., likvidumas (Lo *et al.* 2003), investicijų portfelio dydis (Aboulaich *et al.* 2010, Anagnostopoulos, Mamanis 2010), sandorio išlaidos (Jana *et al.* 2009, Fang *et al.* 2008) ir pan.). Tačiau panašu, kad pastaruoju metu daugiausia dėmesio sulaukiantis papildomas kriterijus yra socialinė atsakomybė (Qi *et al.* 2015, Junkus, Berry 2015). Per pastaruosius keletą metų paskelbta nemažai darbų apie socialinę atsakomybę, taikomą sudarant investicinį portfelį (Hallerbach *et al.* 2004, Steur *et al.* 2007, Drut 2010, Ballesterio *et al.* 2012, Dorfleitner *et al.* 2012, Dorfleitner, Utz 2012, Bilbao-Terol *et al.* 2012a, Bilbao-Terol *et al.* 2012b, Peylo 2012, Bilbao-Terol *et al.* 2013, Cabello *et al.* 2014, Gasser *et al.* 2014, Utz *et al.* 2014, Calvo *et al.* 2014, Trenado *et al.* 2014, Peylo, Schaltegger 2014, Bilbao-Terol *et al.* 2015, Calvo *et al.* 2015, Utz *et al.* 2015, Oikonomou *et al.* 2015, Bilbao-Terol *et al.* 2016). Vieną naujausių darbų šia tema paskelbė Utz *et al.* (2015), kurie išplėtė Markowitz modelį, be portfelio grąžos ir dispersijos, papildydami jį socialinės atsakomybės tikslu, dėl ko tradicinė efektyvioji riba tampa paviršiumi. Pažymėtina, kad terminai „socialinė atsakomybė“ ir „darnumas“ dažnai vartojami sinonimiškai (Waas *et al.* 2014, Utz *et al.* 2015).

Peylo (2012) pasiūlė tris darnumo integravimo į portfelio teoriją būdus (2.5 pav.). Pirmas būdas – derinti darnumo sampratą ir portfelio teoriją, pirmiausia atrenkant tinkamų projektų rinkinį remiantis darnumo kriterijais, o paskui taikant portfelio optimizavimą rasti efektyvius portfelius. Pagal kitą būdą – pirmiausia būtų taikomas portfelio optimizavimas, o tada būtų pasirinktas portfelis su tam tikru darnumo lygiu. Trečias būdas – integruoti darnumą (kaip papildomą kriterijų) į naują trijų tikslų optimizavimą.



**2.5 pav.** Darnumo integravimo į moderniąją portfelio teoriją būdai  
(šaltinis: Peylo 2012)

**Fig. 2.5.** Ways of integrating sustainability into the modern portfolio theory (source: Peylo 2012)

Taigi, tradicinę rizikos ir grąžos priešpriešą papildžius naujais prieštariniais kriterijais, portfelio sudarymas ir išteklių paskirstymas tapo dar sudėtingesni. Tokiomis aplinkybėmis dauguma autorių (Hallerbach *et al.* 2004, Steur *et al.* 2007, Drut 2010, Ballesterio *et al.* 2012, Dorfleitner *et al.* 2012, Peylo 2012, Cabello *et al.* 2014, Gasser *et al.* 2014, Trenado *et al.* 2014, Peylo, Schaltegger 2014, Bilbao-Terol *et al.* 2015, Calvo *et al.* 2015, Utz *et al.* 2015, Oikonomou *et al.* 2015) suprato, kad labai veiksminga taikyti daugiakriterinius sprendimų priėmimo metodus. Be to, dauguma mokslininkų pripažino, kad portfelio sudarymo modeliai, apimantys ne tik du klasikinius finansinius kriterijus (grąžą ir riziką), bet ir aplinkosaugos, socialinius ir valdymo aspektus, yra lankstesni ir tinkamesni daugumos dabartinių investuotojų individualiam ir subjektyviam pasirinkimui išreikšti.

## 2.4. Daugiakriterinių sprendimų priėmimo metodų taikymas sprendžiant portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo klausimus

MCDM metodai plačiai taikomi sprendžiant portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo klausimus. Skirstydami mokslinius straipsnius pagal MCDM metodų taikymo sritį (2002–2014 m.), Zopounidis *et al.* (2015) nustatė, kad 40 proc. mokslinių straipsnių nagrinėjami portfelio sudarymo klausimai. Jie taip pat nustatė, kad sprendžiant portfelio sudarymo klausimą dažniausiai naudojamas daugiatakslis optimizavimas (net 72 %). Steuer ir Na (2003) taip pat nustatė, kad laikotarpiu iki 2002 m. portfelio analizė buvo labiausiai tiriama sritis. Portfelio optimizavimo populiarumą galima paaiškinti keliomis priežastimis. Tai daugialypė problema, kelianti tam tikrų algoritminių ir modeliavimo uždavinių, susijusių su dinaminiu pobūdžiu, įvairių tipų duomenimis, rizikos modeliavimu ir pan. Dauguma daugiatakslio optimizavimo modelių, naudojamų portfelio optimizavimo tikslais, paremti kelių rizikos matų (pvz., asimetrija / ekscesas (angl. *skewness/kurtosis*), rizikos vertės ir pan.) kombinacija, dažnai dar atsižvelgiant į papildomus uždavinius ir tikslus (pvz., likvidumo, dividendų ir pan.). Sprendžiant uždavinius su keliomis tikslo funkcijomis, pradėti taikyti daugiataksliai evoliuciniai algoritmai (angl. *Multiobjective Evolutionary Algorithms*) ir daugiataksliai genetiniai algoritmai (angl. *Multiobjective Genetic Algorithms*) (Mansini *et al.* 2014, Zopounidis *et al.* 2015). Genetiniai algoritmai – tai evoliucinių metodų atšaka, naudojanti gamtoje egzistuojančius gyvybės evoliucinius mechanizmus: paveldėjimą, mutaciją, natūralią atranką ir rekombinaciją. Jie pasižymi geromis lygiagretinimo savybėmis bei nesudėtingu įgyvendinimu, tačiau jais gaunami sprendi-

niai gali nebūti Pareto optimalūs. Plėtojantis neapibrėžtų sprendimų teorijai, buvo pradėtas plačiai taikyti neapibrėžtas matematinis programavimas (angl. *fuzzy mathematical programming*) (Bhattacharyya, Kar 2011, Bilbao-Terol *et al.* 2012b, Perez, Gomez 2014, Mashayekhi, Omrani 2016, Saborido *et al.* 2016).

### 2.4.1. Daugiatiksliis optimizavimas

Daugiatiksliis optimizavimas (dar vadinamas daugiatiksliu programavimu, vektoringiu optimizavimu, daugiakriteriniu optimizavimu ar Pareto optimizavimu) – tai sritis, skirta matematinio optimizavimo problemai, kai vienu metu reikia optimizuoti daugiau negu vieną tikslo funkciją. Įprastinis daugiatikslio optimizavimo procesas – rasti visus nedominuojamus arba Pareto optimalius problemos sprendinius.

Praktikoje pasitaikančiuose optimizavimo uždaviniuose dažnai būna daugiau nei vienas vertinimo kriterijus. Kriterijai dažniausiai prieštarauja vienas kitam. Mažinant vieno kriterijaus reikšmę, didinama kito kriterijaus reikšmė. Matematiškai daugiakriterinio optimizavimo uždavinys, turintis  $d$  kintamųjų ir  $m$  kriterijų *vektorių*

$$F(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)), \quad (2.7)$$

yra apibrėžiamas kaip visų kriterijų minimizavimo uždavinys (Lančinskas 2013):

$$F_{\min} = \min_{x \in D} F(x), \quad (2.8)$$

Dėl kriterijų prieštaravimo dažniausiai yra neįmanoma rasti vienintelio sprendinio  $x^*$ , kuris būtų geriausias pagal visus kriterijus:

$$f_i(x^*) = \min_{x \in D} f_i(x), \quad (2.9)$$

čia  $i = 1, 2, \dots, m$ . Sprendinys, geriausias pagal vieną kriterijų, gali būti ne pats geriausias (arba net blogiausias) pagal kitą kriterijų. Todėl sprendinių palyginimui yra naudojamas *dominuojamumo sąryšis* (Lančinskas 2013). Sakoma, kad sprendinys  $x_1$  *dominuoja* sprendinį  $x_2$  (žymima  $x_1 \succ x_2$ ), jei bet kuriam kriterijui  $f_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$  galioja  $f_i(x_1) \leq f_i(x_2)$  ir egzistuoja bent vienas kriterijus  $f_j$ ,  $j \in (1, 2, \dots, m)$ , toks, kad  $f_j(x_1) < f_j(x_2)$ .

Jei  $x_1 \succ x_2$ , tai sprendinys  $x_1$  yra vadinamas sprendinio  $x_2$  *dominatoriumi*, o sprendinys  $x_2$  laikomas *dominuojamu* sprendinio  $x_1$ . Sprendinys, neturintis nė vieno dominatoriaus, yra vadinamas *nedominuojamu* arba *Pareto optimaliu*. Jis pavadintas pagal italų sociologo ir ekonomisto Vilfredo Pareto pavardę (Lančinskas 2013). Taigi, sprendžiant daugiakriterinio optimizavimo uždavinį, ieškoma ne vieno sprendinio, kuris būtų geriausias pagal visus kriterijus, bet aibės



nedominuojamų (kompromisinių) sprendinių. Šių sprendinių aibė yra vadinama *Pareto aibe*, o juos atitinkančių kriterijų vektorių aibė – *Pareto frontu*.

Kadangi visi Pareto optimalūs sprendiniai matematiniu požiūriu yra vienodai geri, juos galima laikyti vienodai tinkamais kompromisiniais problemos sprendiniais. Taigi nėra įprastos matematinės priemonės, skirtos rasti geriausią sprendinį Pareto optimalioje aibėje, nes negalima visiškai sistemingai išdėstyti vektorių. Dėl šios priežasties sprendimų priėmimo procese reikia tam tikros papildomos informacijos. Sprendimai gali būti priimami prieš daugiatikslio optimizavimo procesą arba jo metu. Paprastai tada, kai reikia rasti nelengvą kompromisą tarp vienas kitam prieštaraujančių tikslų, reikia, kad sprendimų priėmimo procese dalyvautų žmogus. Manoma, kad sprendimų priėmėjas geriau supranta problemą, todėl gali geriau išreikšti įvairių sprendinių pirmumo ryšius. Taigi, pvz., sprendimų priėmėjui gali būti naudinga žinoti tikslo funkcijų reikšmių diapazoną (idealųjį (aukščiausią) ir žemiausią taškus) Pareto optimalioje aibėje. Sprendimų priėmėjas gali dalyvauti problemos sprendimo procese ir vienaip ar kitaip nuspręsti, kuris iš gautų Pareto optimalių sprendinių yra tinkamiausias kaip galutinis.

Atsižvelgiant į tai, kaip sprendimų priėmėjas dalyvauja uždavinio sprendimo procese, metodai klasifikuojami į (Diwekar 2008, Miettinen 2012, Filatovas 2012):

- 1) nepirminybės metodus (sprendimų priėmėjas nedalyvauja);
- 2) *a posteriori* metodus;
- 3) *a priori* metodus;
- 4) interaktyvius metodus.

Nepirminybės metoduose nenaudojama jokia informacija, gauta iš sprendimų priėmėjo apie kriterijų svarbą, ir sprendimo rezultatas būna vienas Pareto optimalus sprendinys.

*A posteriori* metodai dar vadinami metodais, generuojančiais Pareto optimalius sprendinius (angl. *Methods for Generating Pareto Optimal Solutions*). Naudojant šios grupės metodus, surandama daug Pareto optimalių sprendinių, kurie yra pateikiami sprendimų priėmėjui. Iš pateiktų sprendinių sprendimų priėmėjas pasirenka labiausiai jį tenkinantį.

*A priori* metoduose prieš sprendimo procesą sprendimų priėmėjas turi nurodyti savo teikiamus prioritetus ir siekiamus tikslus. Jeigu gaunamas sprendinys atitinka sprendimų priėmėjo reikalavimus, tai sprendimo procese sprendimų priėmėjas gaišta nedaug laiko. Tačiau problema yra ta, kad sprendimų priėmėjas iki sprendimo proceso nebūtinai žino, kokių rezultatų jis gali tikėtis ir kiek įgyvendinami yra siekiami tikslai. Todėl tada, kai sprendinys sprendimų priėmėjo netenkina, jam reikia keisti prioritetus ir koreguoti siekiamus tikslus.

Interaktyviuose metoduose sprendimų priėmėjas aktyviai dalyvauja uždavinio sprendimo procese. Metodų specifika ta, kad dėl sprendžiamo uždavinio sudėtingumo sprendimų priėmėjas negali tinkamai nustatyti prioritetų ir siekiamų tikslų iki sprendimo proceso. Tačiau jis gali koreguoti prioritetus ir siekiamus tikslus sprendimo proceso eigoje. Sprendimas atliekamas interaktyviai. Interaktyvūs metodai reikalauja daugiausia sprendimų priėmėjo laiko lyginant su kitais metodais, tačiau leidžia išspręsti sudėtingus uždavinius su daug kriterijų ir apribojimų.

Yra sukurta daug kiekvienos grupės metodų ir jų modifikacijų. Toliau pateikiama trumpa dažniausiai taikomų metodų apžvalga.

Didžiąją nepirminybės metodų grupės dalį sudaro globalaus kriterijaus metodai, kuriuose yra minimizuojamas atstumas tarp vadinamojo atskaitos taško (angl. *reference point*) ir numatomo sprendinio. Atskaitos tašku dažniausiai pasirenkamas utopinis vektorius. Tada minimizuojamas atstumas tarp sprendinio ir utopinių vektorių. Optimizavimo uždavinys formuluojamas taip (Filatovas 2012):

$$\min_{x \in D} (\sum_{i=1}^m |f_i(x) - f_i^u(x)|^p)^{\frac{1}{p}}, \quad (2.10)$$

čia  $1 \leq p < \infty$ .  $p$  reikšmės pasirinkimas suteikia galimybę įvairiais būdais skaičiuoti atstumus tarp sprendinio ir utopinių vektorių, pasirenkant skirtingas metrikas.

*A posteriori* metodų grupę galima suskirstyti į du pogrupius: metodai, transformuojantys uždavinį į vienakriterinį, ir daugiakriterinės paieškos metodai. Dažnai naudojamas svartinės kriterijų sumos metodas (angl. *Weighted Sum Method*). Kiekvienai tikslo funkcijai suteikiamas svorinis koeficientas ir minimalizuojama kriterijų tikslo funkcijų suma. Taip daugiakriterinis optimizavimo uždavinys transformuojamas į vienakriterinį:

$$\min_{x \in D} \sum_{i=1}^m w_i f_i(x), \quad (2.11)$$

čia  $w_i$  yra  $i$ -tojo kriterijaus svorinis koeficientas,  $0 < w_i \leq 1$ ,  $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ . Esant skirtingiems svorinių koeficientų rinkiniams  $w = (w_1, w_2, \dots, w_m)$ , gaunami skirtingi Pareto optimalūs sprendiniai.

Kitas dažnai naudojamas metodas yra  $\varepsilon$ -ribojimų metodas (angl.  *$\varepsilon$ -constrain Method*). Šis metodas remiasi tuo, kad minimizuojama vieno kriterijaus tikslo funkcija, o kitų kriterijų funkcijos yra suvedamos į apribojimus. Uždavinys formuluojamas taip:

$$\min_{x \in D} f_l(x), \quad l \in \{1, \dots, k\}, \quad (2.12)$$

esant apribojimams:

$$f_i(x) \leq \varepsilon_i, i = 1, \dots, k, \quad i \neq l, \quad (2.13)$$

čia  $\varepsilon_i$  yra kriterijų viršutiniai režiai. Šiuos režius sudėtinga nustatyti taip, kad sprendinių aibė nebūtų tuščia, ypač kai kriterijų labai daug.

Prie *a posteriori* daugiakriterinės paieškos metodų pogrupio priskiriama didelė klasė metaeuristinių metodų, kurie iš karto generuoja Pareto aibės sprendinius, t. y. iš karto sprendžia daugiakriterinį optimizavimo uždavinį (Filatovas 2012).

*A priori* metodų grupei priklauso pats pirmas specialiai daugiakriteriniam optimizavimui sukurtas metodas – tikslo programavimas (angl. *Goal Programming*). Metodo idėja yra tokia – sprendimų priėmėjas tikslo funkcijomis  $F(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x))$  nurodo siekiamą tikslo vektorių  $F^0 = (f_1^0, f_2^0, \dots, f_m^0)$  ir minimizuojami nukrypimai  $d = (d_1, d_2, \dots, d_m)$  nuo šio vektoriaus. Nukrypimas  $d_i$  dalijamas į teigiamą ir neigiamą dalis:  $d_i = d_i^+ - d_i^-$ , čia  $d_i^+ \geq 0, d_i^- \geq 0, d_i^+ d_i^- = 0$ . Taigi,  $|d_i| = d_i^+ + d_i^-$ . Nukrypimai atlieka apribojimų vaidmenį. Optimizavimo uždavinys formuluojamas taip:

$$\min_{x \in D, d^+, d^-} \sum_{i=1}^m (d_i^+ + d_i^-), \quad (2.14)$$

esant apribojimams:

$$f_i(x) - d_i^+ + d_i^- = f_i^0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (2.15)$$

$$d_i^+, d_i^- \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (2.16)$$

$$d_i^+ d_i^- = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (2.17)$$

Šiuo metu yra sukurta daug įvairių interaktyvių metodų, kurie vienas nuo kito skiriasi tuo, kokia informacija pateikiama sprendimų priėmėjui, kokia yra informacijos pateikimo forma ir koku būdu daugiakriterinis uždavinys transformuojamas (skalariizuojamas) į vienakriterinį.

## 2.4.2. Daugiatikslio optimizavimo uždavinių įvairovė

Markowitz iš esmės suformulavo portfelio optimizavimo problemą taikydamas du kriterijus: tikėtiną grąžą ir riziką. Taikant modelį, grąžos nepastovumui įvertinti kaip rizikos matas naudojama dispersija (arba standartinis nukrypimas) (Mansini *et al.* 2014).

Vidurkio-dispersijos modelį galima užrašyti kaip optimizavimo uždavinį su viena tikslo funkcija (minimizuojama tikėtina portfelio rizika) ir vienu

apribojimu (pelningumas turi būti ne mažesnis nei tam tikra nustatyta reikšmė, pvz.,  $R_{min}$ ):

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij}, \quad (2.18)$$

Jeigu:

$$\sum_{i=1}^n R_i x_i \geq R_{min},$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1,$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n.$$

Kita vertus, gali būti nustatytas didžiausias toleruotinos portfelio rizikos lygis, pvz.,  $\sigma_{max}$  (vienas apribojimas), ir maksimizuojamas tikėtinas portfelio pelningumas (tikslas funkcija):

$$\max \sum_{i=1}^n x_i R_i, \quad (2.19)$$

Jeigu:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij} \leq \sigma_{max},$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1,$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n.$$

Taip pat vidurkio-dispersijos modelį galima užrašyti kaip optimizavimo uždavinį su dviem tikslo funkcijomis (Mashayekhi *et al.* 2016):

$$\max \sum_{i=1}^n x_i R_i, \quad (2.20)$$

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij}, \quad (2.21)$$

Jeigu:

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1,$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n.$$

Mokslininkai, tiriantys portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo klausimus, sprendžia optimizavimo uždavinius, parinkdami įvairius kriterijus. Pavyzdžiui, Mashayekhi ir Omrani (2016), sujungdami Markowitz vidurkio-dispersijos ir DEA kryžminio efektyvumo (angl. *cross efficiency*) modelius,

sprendžia portfelio optimizavimo uždavinį, atsižvelgdami į tris kriterijus – grąžą, riziką ir portfelio efektyvumą (2.2 lentelė).

**2.2 lentelė.** Markowitz–DEA kryžminio efektyvumo modelis (šaltinis: Mashayekhi, Omrani 2016)

**Table 2.2** Markowitz – DEA cross-efficiency model (source: Mashayekhi, Omrani 2016)

Modelis	Apribojimai
$\max \sum_{i=1}^N w_i \bar{R}_i$ $\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \text{cov}(R_i, R_j)$ $\max = \sum_{i=1}^N w_i \bar{e}_i$ $\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \text{cov}(e_i, e_j)$	$\sum_{i=1}^N z_i \leq h$ $l_i z_i \leq w_i \leq u_i z_i$ $i = 1, 2, \dots, N$ $\sum_{i=1}^N w_i = 1$ $w_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, N$

čia  $z_i$  yra dvinaris kintamasis, kuris lygus 1, jeigu akcija  $i$  pasirenkama, ir 0, jeigu akcija  $i$  nepasirenkama.  $l_i$  ir  $u_i$  yra viršutinė ir apatinė kapitalo, investuojamo į akciją  $i$ , dalis.  $h$  yra maksimalus akcijų skaičius portfelyje.

Baixauli-Soler *et al.* (2010) norėdami parodyti, kaip naudojant daugiau rizikos matų (dispersiją, VaR ir CVaR) ar rizikos matų kombinacijų, keičiasi efektyvusis paviršius, pateikia du modelius: 1) vidurkio – dispersijos – VaR, 2) vidurkio – VaR – CVaR. Autoriai teigia, kad dispersija ir VaR bei VaR ir CVaR elgiasi skirtingai, kas lemia platesnio efektyviojo paviršiaus sudarymą, o dispersijos ir CVaR reikšmės, atvirkščiai, išsidėsto greta. Modelių palyginimas pateiktas 2.3 lentelėje.

**2.3 lentelė.** Modelių palyginimas (šaltinis: Baixauli-Soler *et al.* 2010)

**Table 2.3.** Comparison of models (source: Baixauli-Soler *et al.* 2010)

Analitinės išraiškos tipas	Vidurkio – dispersijos – VaR modelis	Vidurkio – VaR – CVaR modelis
Funkcija	$\max_w (w'r - w'\Omega w, -VaR_\alpha(x))$	$\min_w (w'r - VaR_\alpha(x), -CVaR_\alpha(x))$
Apribojimai	$w'1 = 1$ $w_j \geq 0, \forall j = 1, \dots, n$	$w'1 = 1$ $w_j \geq 0, \forall j = 1, \dots, n$

Trenado *et al.* (2014), sprenddami portfelio optimizavimo uždavinį, atsižvelgia į įmonių socialinę atsakomybę. Autoriai taiko šiuos kriterijus:

- tikėtinos portfelio grąžos maksimizavimas;
- portfelio grąžos nepastovumo minimizavimas. Kaip nepastovumo rodiklis pasirinkta neigiama grąžos pusvariacija;
- didžiausio „apgailėstavimo“ (angl. *regret*) minimizavimas;
- portfelio darnumo indekso maksimizavimas.

(a) ir (b) kriterijai yra tradiciniai Markowitz modelio kriterijai, tik šiuo atveju vietoj variacijos naudojama neigiama pusvariacija. Savage kriterijus rodo, kad investuotojas jaučia nepasitenkinimą, kuris kiekybiškai išreiškiamas kaip faktiškai gautos grąžos ir didžiausios galimos grąžos skirtumas. Taigi investuotojas nori kuo labiau sumažinti didžiausią šio apgailėstavimo arba alternatyviųjų sąnaudų vertę. Darnumo indeksas sudarytas kiekvienai analizuojamai įmonei sujungiant įvairius darnumo rodiklius.

Autoriai, sprenddami portfelio sudarymo uždavinį, naudoja tikslinę programavimą, kuris leidžia minimizuoti nuokrypius nuo nustatytų tikslinių kriterijų lygių ir taip gauti sprendinį, kuris yra kiek įmanoma labiau priartėjęs prie idealaus (2.4 lentelė).

**2.4 lentelė.** Portfelio sudarymo uždavinio struktūra (šaltinis: Trenado *et al.* 2014)

**Table 2.4** Structure of the portfolio selection problem (source: Trenado *et al.* 2014)

Modelis	Apribojimai
$\sum_{i=1}^n E_i x_i + n_E - p_E = E$ $\sum_{i=1}^n S_{ij} x_i + n_{Sj} - p_{Sj} = S \quad j \in \{1, \dots, m\}$ $\sum_{i=1}^n V_i x_i + n_V - p_V = V$ $\sum_{i=1}^n I_i x_i + n_I - p_I = I$	$\sum_{i=1}^n x_i = 1$ $x_{imin} \leq x_i \leq x_{imax} \quad i \in \{1, \dots, n\}$

čia  $I_i$  –  $i$ -tojo vertybinio popieriaus darnumo indeksas,  $V_i$  –  $i$ -tojo vertybinio popieriaus grąžos neigiama pusvariacija,  $E_i$  –  $i$ -tojo vertybinio popieriaus tikėtina grąža,  $S_{ij}$  – bendras „Savage matricos“ elementas, t. y. „apgailėstavimai“, gauti apskaičiuojant faktinės gautos  $i$ -tojo vertybinio popieriaus grąžos ir didžiausios  $j$ -tosios „natūralios būsenos“ grąžos skirtumą.

Minėti apribojimai garantuoja, kad visas finansinis turtas bus investuojamas ir kad, kaip įprasta finansinėje praktikoje, yra galimos į kiekvieną vertybinį polderių investuotos dalies viršutinės ir apatinės ribos.

Kalbant apie tikslus, įdomu pažymėti, kad neigiamais kintamaisiais  $n_E$ ,  $n_{Sj}$ ,  $n_V$  ir  $n_I$  kiekybiškai įvertinamas nepakankamas tikslinių reikšmių pasiekimo lygis, o teigiamais nuokrypiais  $p_E$ ,  $p_{Sj}$ ,  $p_V$  ir  $p_I$  kiekybiškai įvertinamas priešingas rezultatas, t. y. tikslinių reikšmių viršijimas.

Yra ir daugiau daugiatislių portfelio optimizavimo uždavinių pavyzdžių, kuriuose, be tradicinės rizikos ir grąžos, yra įtraukiami papildomi kriterijai. Tokiame kontekste daugiakriterinių sprendimų priėmimo metodų taikymas (ypač daugiatislis optimizavimas) yra itin naudingas.

## 2.5. Antrojo skyriaus išvados

1. Atlikti tyrimai rodo, kad mokslininkai vis labiau supranta, kad į portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo uždavinį, prie pelningumo ir rizikos, tikslinga įtraukti papildomus parametrus (vienas iš jų yra socialinė atsakomybė arba darnumas). Portfelio sudarymo uždaviniai, apimantys ne tik du klasikinius finansinius kriterijus (grąžą ir riziką), bet ir aplinkosaugos, socialinius ir valdymo aspektus, yra lankstesni ir tinkamesni daugumos dabartinių investuotojų individualiam pasirinkimui išreikšti.
2. Naujų kintamųjų įtraukimas į moderniąją portfelio teoriją yra įmanomas dėl daugiakriterinių sprendimų priėmimo teorijos. Galimi trys darnumo integravimo į portfelio teoriją būdai: 1) pirmiausia atrinkti projektų rinkinį, remiantis darnumo kriterijais, ir po to taikyti portfelio optimizavimą; 2) pirmiausia taikyti portfelio optimizavimą, tada pasirinkti portfelį su tam tikru darnumo lygiu; 3) integruoti darnumą kaip papildomą trečią kriterijų į naują trijų tikslų optimizavimą.
3. Darnumo rodikliai ir indeksai yra pagrindinė ir veiksminga darnumo vertinimo priemonė. Darnumo vertinimas priklauso nuo trijų darnumo ramsčių (socialinio, aplinkosauginio ir ekonominio) derinimo. Šie matmenys gali būti derinami įvairiai: 1) visus tris matmenis išlaikant atskirus; 2) sujungiant du matmenis; 3) sujungiant visus tris matmenis.
4. Atsižvelgus į mokslininkų atliktus tyrimus, nagrinėjant daugiakriterinius sprendimų priėmimo metodus, buvo pasirinkti geriausiai disertacijoje sprendžiamus uždavinius atitinkantys metodai:

- 4.1. Sudaryti sudėtinį projekto darnumo indeksą taikant MADM metodus. Naudojant šiuos metodus galima apibendrinti ir sujungti rodiklius į vieną indeksą.
- 4.2. Išspręsti projektų portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo uždavinį pasitelkus daugiatakslį optimizavimą.



---

## Finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelio sudarymas ir patikrinimas

Šiame skyriuje pateikiamas finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelis. Čia sudaromas sudėtinis projekto darnumo indeksas, kuris vėliau integruojamas į Markowitz vidurkio-dispersijos modelį. Sukurto modelio pritaikumas patikrinamas atliekant empirinį tyrimą statybos sektoriaus įmonėje. Taip pat įvertinamas darnumo integravimo poveikis finansiniam portfelio rezultatui. Skyriaus tyrimų rezultatai buvo paskelbti penkiuose moksliniuose straipsniuose: Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2013b), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2014a), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2015), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2016), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2016a).

### 3.1. Tiriamojo atvejo parinkimas ir apibūdinimas

Statybos sektoriaus projektai yra vieni svarbiausių, nes šis sektorius yra vienas didžiausių ir reikšmingiausių šalies ekonomikai, taigi daro didelį poveikį aplinkai ir visuomenei (Taylan *et al.* 2014, Lazauskas 2015). 2007–2013 m. šiame sektoriuje sukurta nuo 6 iki 10 % BVP, įdarbinta nuo 7 iki 12 % visų šalies dirbančiųjų, o su viena statybų sektoriaus darbo vieta susijusios dar 3–4

kitų sektorių darbo vietos. Statybos gamybos procesuose ir eksploatuojant statinius sunaudojama apie 50 % Lietuvai reikalingos energijos, o pastatams ir inžineriniams statiniams sunaudojama apie 50 % visų šalies materialinių investicijų. Tačiau Lietuvos statybos sektorius susiduria su daugybe esminių iššūkių, tokių kaip senstanti socialinė ir inžinerinė infrastruktūra, beveik du kartus mažesnis nei ES vidurkis darbo našumas (Eurostato duomenimis, vienas Lietuvos statybos sektoriuje dirbęs žmogus per 2014 m. sukūrė apie 24,5 tūkst. Eur vertės, kai ES šis rodiklio vidurkis buvo 47,5 tūkst. Eur), žemas investicijų į mokslinius tyrimus ir eksperimentinę plėtrą lygis (Lietuvos statistikos departamento duomenimis, išlaidos moksliniams tyrimams ir eksperimentinei plėtrai statybos sektoriuje 2013 m. sudarė tik 0,2 mln. Eur).

Statybos sektoriaus plėtra neatsiejami nuo visos ES ir šalių nacionalinės ekonomikos plėtra ir augimą skatinančių iniciatyvų bei su jomis susijusių strateginių dokumentų. Strategijoje „Europa 2020“ iškelti trys vienas kitą papildantys prioritetai: pažangus augimas (žiniomis ir inovacijomis pagrįsto ūkio vystymas); tvarus augimas (tausiau išteklius naudojančio, ekologiškesnio ir konkurencingesnio ūkio skatinimas); integracinis augimas (didelio užimtumo ūkio, kuriame užtikrinta socialinė ir teritorinė sanglauda, skatinimas). Vieni svarbiausių pagal šiuos prioritetus numatytų ir tiesioginį poveikį statybos sektoriui turinčių siekių yra: sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį bent 20 %, lyginant su dešimtojo dešimtmečio lygiu; galutinio energijos suvartojimo atžvilgiu energijos iš atsinaujinančiųjų išteklių dalį padidinti iki 20 %; 20 % padidinti energijos vartojimo efektyvumą.

1994 m. statybos ir civilinės inžinerijos sektoriuose taktiniu lygmeniu buvo suformuota darnios statybos samprata (Sanchez 2014). Kibert (2008) darnią statybą apibrėžia kaip atsakingą sveikos aplinkos vystymą ir valdymą, vadovaujantis tausiu išteklių naudojimu ir ekologiniais principais.

Darnumas statyboje apima ne tik aplinkosaugos klausimus, techninį efektyvumą ir funkcinis reikalavimus, bet ir miestų atnaujinimo bei socialinius aspektus. Darnios statybos tikslas – sukurti tokius pastatus, kurie padėtų taupyti energiją, išteklius, saugoti gyventojų sveikatą ir užtikrinti puikią jų savijautą (Kildienė 2014). Siekiant įgyvendinti „Europa 2020“ tikslus, įvedus naujus Europos tvarių statybos sektoriaus produktų, procesų ir darbų standartus, taikant efektyvaus energijos vartojimo pastatuose strategijas, laikantis pastatų energinio naudingumo reikalavimų, taikant energinio naudingumo sertifikavimą, statybų sektoriaus būsima raida susijusi su energiniu pastatų naudingumu, efektyviu išteklių naudojimu, mažo anglies dioksido kiekio technologijų ekonomika, energijos vartojimo efektyvumu, pastatais, pastatytais laikantis tvarumo principo, ir t. t. (Kildienė 2014). Siekiant efektyviai naudoti energiją ir tausoti aplinką, vis plačiau taikomi pastatų vertinimo metodai ir sistemos. Tarptautinį pripažinimą turinčios aplinką tausojančios pastatų vertinimo sistemos (pvz.,

BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*, JK), LEED (*Leadership in Energy and Environment Design*, JAV), DGNB (*German Sustainable Building Council*, Vokietija) orientuotos į energijos taupymą, vandens vartojimo efektyvumą, CO<sub>2</sub> emisijos mažinimą, vidaus gyvenimo kokybės gerinimą, išteklių valdymą ir tikslingą jų vartojimą. Tačiau šių vertinimo sistemų naudojimą riboja įvairių šalių klimato, kultūros, įstatymų ir kiti skirtumai.

Analizuojant mokslinius straipsnius, aptinkama modelių, sukurtų statybos projektams vertinti. Pavyzdžiui, Kanapeckienė *et al.* (2011) pasiūlė pastatų atnaujinimo projektų vertinimo modelį, naudojant sprendimų paramos sistemas ir MAMVA metodą (*angl. Multi-Attribute Market Value Assessment Method*). Kaklauskas *et al.* (2012), kompleksiškai nagrinėdami mikro-, mezo-, ir makroaplinkos veiksnius, sukūrė pasyvaus namo vertinimo modelį. Kildienė (2014) pasiūlė tvarumo principais grindžiamą statybos technologijų plėtros rinkoje vertinimo modelį. Sukurtu daugiapakopiu vertinimo modeliu gali būti įvertinamas technologijos, naujo produkto ar produkto dalies, technologinio proceso vartotojams prieinamumas, investicijos į naujas technologijas įmonėje, inovacijų plėtra versle. Lazauskas (2015) statybos projektų darnos vertinimui pasiūlė kompleksinį sprendimų priėmimo modelį, sudarytą iš rodiklių rinkinių, nagrinėjančių statybos rinkos projektų efektyvaus realizavimo sunkumus. Modelis pritaikytas darnios statybos projektų plėtros sistemos vertinimui idėjų generavimo etape.

Analizuojant dabartinę literatūrą, susijusią su statybos projektų portfelio valdymu, paaiškėjo, kad šioje srityje nepaisoma būtinybės skirti daugiau dėmesio darnumo klausimams. Tik keletas autorių nagrinėjo, kaip galėtų būti įvertintas darnumas statybos projektų portfelio valdymo srityje. Sanchez, Lopez (2010) sukūrė metodologiją, skirtą nustatyti darnumo rodiklius statybos projektų valdymo srityje. Al-Kilidar *et al.* (2011) pristatė brandos modelį, skirtą įgyvendinti darnų projektų portfelio valdymą statybos sektoriuje. Brandos modelyje pateikiamos gairės, kaip pasiekti, kad projektų portfelio valdymas neapsiribotų išteklių subalansavimu ir taip būtų užtikrinta aukštesnio lygio portfelio priežiūra statybos sektoriuje, įskaitant darnumo aspektų įtraukimą. Siew (2016) pasiūlė metodus, remiantis kuriais atsižvelgiama į darnumą dviem svarbiais etapais: atrankos ir optimalaus portfelio sudarymo. Atrankos etape pasiūlomi darnumo kriterijai, vertinamas projekto darnumas. Tada atrankos etape gauti vidurkiai ir dispersijos naudojami norint rasti efektyviają portfelio ribą (vietoj tikėtinos gražos naudojama tikėtina projektų darnumo vertė, o vietoj gražos dispersijos – darnumo vertės dispersija).

Taigi, atsižvelgiant į augančius Lietuvos ekonomikos poreikius ir esamą statybų sektoriaus lygį, palyginti žemą darbo našumą, didėjančias išlaidas resursams, aukštos kvalifikacijos žmogiškųjų resursų potencialo trūkumą, kitų

šalių iniciatyvas didinti statybų sektoriaus konkurencingumą ir į statybos sektoriaus daromą didelį poveikį aplinkai bei visuomenei, tyrimui pasirinktas statybos sektorius.

Prieš pradėdant kurti finansinių išteklių paskirstymo priemonę, atliktas tyrimas statybos sektoriaus įmonėse, kuriuo siekta nustatyti, ar įmonių sprendimų priėmėjai naudoja išteklių paskirstymo priemones. Klausimynas buvo išsiųstas 500 statybos įmonių, kurios pasirinktos atsižvelgiant į apyvartą (ne mažiau kaip 1,4 mln. eurų) ir darbuotojų skaičių (ne mažiau kaip 100). Į klausimus atsakė 159 įmonių vadovai. Vidutinė vadovų patirtis, įgyvendinant projektus, – 12 metų (minimali patirtis 4 metai, maksimali – 25 metai). 56 % tyrime dalyvavusių įmonių vadovų turėjo didesnę nei 10 metų patirtį valdant projektus. Vidutinė įmonių projektų valdymo branda – 2,69 (standartinis nuokrypis 0,85) (galima maksimali vertė 5 balai). Aukščiausias projektų valdymo brandos lygis buvo 3,7, žemiausias – 1,31. (Projektų valdymo branda parodo organizacijos pajėgumą sėkmingai inicijuoti, planuoti, vykdyti, stebėti ir kontroliuoti projektus).

Atliktas tyrimas parodė, kad 44 % apklaustų įmonių nenaudoja jokių išteklių paskirstymo priemonių. 25 % jų nurodė, kad nežino, jog tokie yra, ir 75 % nurodė, kad sudėtinga juos taikyti.

Be to, tyrimas atskleidė, kad tarp to, ar įmonė naudoja išteklių paskirstymo priemones, ar ne ir vadovo patirties valdant projektus egzistuoja vidutinio stiprumo statistiškai reikšmingas tiesinis ryšys (3.1 lentelė).

**3.1 lentelė.** Išteklių paskirstymo priemonių naudojimo ir patirties valdant projektus priklausomybė (šaltinis: autorė)

**Table 3.1.** Correlation between the use of resource allocation tools and experience in project management (source: author)

Matai	Išteklių paskirstymo priemonių naudojimas / patirtis valdant projektus
Pirsono koreliacijos koeficientas	0,515**
Reikšmingumas (2-tailed)	0,000
N	159

\*\* . Koreliacija reikšminga 0,01 lygiu (2-tailed).

Įmonių, kurios nenaudoja išteklių paskirstymo priemonių, vidutinė vadovų patirtis valdant projektus – 10 metų. Tuo tarpu įmonių, naudojančių išteklių paskirstymo priemones, vidutinė vadovų patirtis valdant projektus – 14 metų.

Taip pat vidutinio stiprumo statistiškai reikšmingas tiesinis ryšys egzistuoja ir tarp išteklių paskirstymo priemonių naudojimo ir organizacijos projektų valdymo brandos (3.2 lentelė).

**3.2 lentelė.** Išteklių paskirstymo priemonių naudojimo ir projektų valdymo brandos priklausomybė (šaltinis: autorė)

**Table 3.2** Correlation between the use of resource allocation tools and project management maturity (source: author)

Matai	Išteklių paskirstymo priemonių naudojimas / projektų valdymo branda
Pirsono koreliacijos koeficientas	0,519**
Reikšmingumas (2-tailed)	0,000
N	159

\*\* . Koreliacija reikšminga 0,01 lygiu (2-tailed).

Įmonių, kurios nenaudoja išteklių paskirstymo priemonių, vidutinė projektų valdymo branda yra 2,22. Įmonių, naudojančių išteklių paskirstymo priemones, vidutinė projektų valdymo branda – 3,06.

Atlikto tyrimo rezultatai leidžia daryti išvadą, kad statybos sektoriaus įmonių vadovams išteklių paskirstymo priemonės yra aktualios.

## 3.2. Sudėtinio projekto darnumo indekso sudarymas

Šiame skyriuje aprašytas sudėtinio projekto darnumo indekso sudarymo procesas, kuris remiasi 2.2.2 skirsnyje aprašyta metodika.

Svarbiausia sudėtinio projekto darnumo indekso sudarymo sąlyga – kriterijų identifikavimas ir atranka. Remiantis literatūros analize (Ding 2008, Chen *et al.* 2010, Presley, Meade 2010, Fernández-Sánchez *et al.* 2010, Zabihi *et al.* 2012, Kocmanova, Šimberova 2013, Yuan 2013, Trenado *et al.* 2014, Daneshpour 2015, Whang, Kim 2015, Siew 2016, Hesampour *et al.* 2016) ir ISO-21932-2013 standartu (pastatų ir inžinerinių statinių darnumas) (Tarptautinė standartizacijos organizacija 2013), buvo sudarytas 56 kriterijų sąrašas. Kriterijai buvo sugrupuoti į socialinius (15 kriterijų), aplinkosaugos (23 kriterijai) ir ekonominius (18 kriterijų) (3.3 lentelė).

**3.3 lentelė.** Pradinis kriterijų sąrašas (šaltinis: autorė)

**Table 3.3.** Initial List of Criteria (source: author)

Matmuo	Kriterijus	Nuoroda
Ekonominis	Statybos trukmė	Chen <i>et al.</i> 2010, Zabihi <i>et al.</i> 2012
	Defektai ir pažeidimai	Chen <i>et al.</i> 2010
	Šalinimo sąnaudos	Chen <i>et al.</i> 2010

## 3.3 lentelės tęsinys

Matmuo	Kriterijus	Nuoroda
	Ilgaamžiškumas (patvarumas)	Chen <i>et al.</i> 2010, Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Zabihi <i>et al.</i> 2012
	Lankstumas (pritaikomumas)	Chen <i>et al.</i> 2010, Daneshpour 2015
	Pradinės statybos sąnaudos	Chen <i>et al.</i> 2010, Zabihi <i>et al.</i> 2012
	Statybos paslaugų integravimas	Chen <i>et al.</i> 2010
	Tiekimo grandinių integravimas	Chen <i>et al.</i> 2010
	Darbo sąnaudos	Chen <i>et al.</i> 2010, Zabihi <i>et al.</i> 2012
	Gyvavimo ciklo sąnaudos	Chen <i>et al.</i> 2010, Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Priežiūros išlaidos	Chen <i>et al.</i> 2010, Zabihi <i>et al.</i> 2012, Whang, Kim 2015, Ponts <i>et al.</i> 2016
	Medžiagų sąnaudos	Chen <i>et al.</i> 2010
	Priežiūros planas	Zabihi <i>et al.</i> 2012, Whang, Kim 2015
	Projekto pajamos	Ding 2008, Presley, Meade 2010
	Kokybės kontrolė	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Hesampour <i>et al.</i> 2016
	Tiesioginių išlaidų mažinimas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Netiesioginių išlaidų mažinimas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Sinergija su kitais projektais	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
Aplinkosaugos	Išmetamas CO <sub>2</sub> kiekis	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Daneshpour 2015, Ponts <i>et al.</i> 2016, Hesampour <i>et al.</i> 2016
	Ekologinė žala	Ding 2008
	Pastato energinis naudingumas	Chen <i>et al.</i> 2010
	Su aplinka susiję įvykiai	Siew 2016
	Energijos suvartojimas	Ding 2008, Chen <i>et al.</i> 2010, Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Zabihi <i>et al.</i> 2012, Kocmanova, Šimberova 2013, Trenado <i>et al.</i> 2014, Daneshpour 2015, Siew 2016, Ponts <i>et al.</i> 2016, Hesampour <i>et al.</i> 2016
	Kvapai	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Yuan 2013

## 3.3 lentelės tęsinys

Matmuo	Kriterijus	Nuoroda
	Ekologiniu ženklu pažymėta įranga ir medžiagos	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Išmetamas ŠESD kiekis	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Trenado <i>et al.</i> 2014, Daneshpour 2015, Siew 2016
	Medžiagų naudojimas	Chen <i>et al.</i> 2010, Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Zabihi <i>et al.</i> 2012, Kocmanova, Šimberova 2013
	Triukšmo mažinimas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Yuan 2013
	Išmetamųjų kietųjų dalelių ir dulkių mažinimas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Yuan 2013
	Augalijos ir gyvūnijos apsauga	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Vandens išteklių apsauga	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Yuan 2013
	Dirvožemio naudojimas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Patvarių medžiagų naudojimas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Nedidelę riziką sveikatai keliančių medžiagų naudojimas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Perdirbtų medžiagų naudojimas	Kocmanova, Šimberova 2013, Siew 2016
	Vietos (regiono) medžiagų naudojimas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Atsinaujinančios energijos naudojimas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Kocmanova, Šimberova 2013
	Vėdinimas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Atliekų tvarkymas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Presley, Meade 2010, Yuan 2013, Whang, Kim 2015
	Vandens taupymas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Presley, Meade 2010, Siew 2016

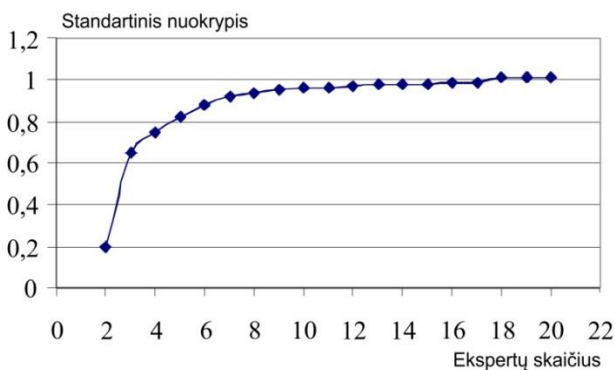
## 3.3 lentelės pabaiga

Matmuo	Kriterijus	Nuoroda
	Vandens suvartojimas	Chen <i>et al.</i> 2010, Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Presley, Meade 2010, Zabihi <i>et al.</i> 2012, Kocmanova, Šimberova 2013, Trenado <i>et al.</i> 2014, Daneshpour 2015, Siew 2016, Ponts <i>et al.</i> 2016
	Bendruomenės trikdymas	Chen <i>et al.</i> 2010, Zabihi <i>et al.</i> 2012
	Poveikis pasaulio bendruomenei	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Presley, Meade 2010
	Poveikis darbo rinkai	Chen <i>et al.</i> 2010
	Darbo jėgos prieinamumas	Chen <i>et al.</i> 2010, Zabihi <i>et al.</i> 2012
	Vadovavimas, žinių valdymas	Siew 2016
	Vietos darbuotojai statybos, eksploatavimo ir priežiūros metu	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Visuotinės svarbos projektu paskelbtas projektas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Vieša prieiga	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Visuomenės dalyvavimas ir projekto kontroliavimas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Zabihi <i>et al.</i> 2012, Hesampour <i>et al.</i> 2016
	Darbuotojų sauga ir sveikata	Chen <i>et al.</i> 2010, Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Zabihi <i>et al.</i> 2012, Hesampour <i>et al.</i> 2016
	Visuomenės pasitenkinimas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Infrastruktūros saugumas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Techninis mokymas, mokymas aplinkosaugos srityje	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010
	Eismo spūstys	Chen <i>et al.</i> 2010
	Darbuotojų mokymas	Fernández-Sánchez <i>et al.</i> 2010, Trenado <i>et al.</i> 2014, Siew 2016



Tyrimas buvo atliekamas dviem etapais. Jam atlikti pasirinktas ekspertinis individualiojo vertinimo metodas – anketavimas. Anketavimas yra standartizuotas metodas su griežtomis taisyklėmis. Anketą sudaro grupė tarpusavyje susijusių klausimų, į kuriuos reikia gauti apklausiamų asmenų atsakymus. Pati anketa nėra griežtos formos. Klausimų kiekis ir seka priklauso nuo tyrimo tikslų. Ekspertams gali būti pateikti tiek uždarojo, tiek atvirojo tipo klausimai.

Pirmajame etape anketos buvo išsiųstos 226 specialistams. Kad būtų užtikrintas profesionalus tyrimas, ekspertai buvo pasirenkami pagal šiuos kriterijus: užimamos pareigos, kompetencija, darbo patirtis. Išsiuntus klausimyną, taip pat paskesnius priminimus, gauti 29 atsakymai, iš jų 15 – įmonių vadovų, 6 – inžinierių ir 8 – projektų vadovų. Taigi pirmajame etape dalyvavo 29 statybų srities specialistai. Anot Keeney *et al.* (2006), „visuotinai sutartų ekspertų atrankos kriterijų nėra“, todėl sprendimą dėl ekspertų skaičiaus ir kvalifikacijos priima patys tyrėjai. Be to, nustatant priimtina ekspertų skaičių, vadovaujamosi metodologinėmis prielaidomis, suformuluotomis klasikinėje testų teorijoje, kurioje teigiama, jog agreguotų sprendimų patikimumą ir priimančių sprendimą (šiuo atveju ekspertų) skaičių sieja greitai gėstantis netiesinis ryšys (3.1 pav.). Įrodyta, jog agreguotų ekspertinių vertinimų modeliuose su vienodais svoriais nedidelės ekspertų grupės sprendimų ir vertinimų tikslumas nenusileidžia didelės ekspertų grupės sprendimų ir vertinimų tikslumui (Libby, Blashfield 1978). Kai ekspertų daugiau nei 7, tikslumas didesnis nei 90 proc., ir toliau didinant ekspertų skaičių, tikslumas didėja labai nežymiai. Todėl nutarta, kad pakanka 29 ekspertų.



**3.1 pav.** Ekspertų vertinimų standartinio nuokrypio priklausomybė nuo ekspertų skaičiaus (šaltinis: Libby, Blashfield 1978)

**Fig. 3.1.** The dependence of the standard deviation of expert evaluation upon the number of experts (source: Libby, Blashfield 1978)

Siekiant nustatyti svarbiausius klausimus, šių ekspertų buvo paprašyta pagal 5 balų Likerto skalę (1 – nesvarbu, 5 – labai svarbu) įvertinti kiekvieno klausimo svarbą. Surinkus apklausos duomenis nustatyta kiekvieno kriterijaus vidutinė reikšmė. Darnumo klausimai buvo išdėstyti vidutinių jų reikšmių didėjimo tvarka. Pagrindiniai darnumo kriterijai nustatyti atsižvelgiant į kritinę reikšmę. Naudota ribinė reikšmė 3.00. Jei būtų svarstoma per daug kriterijų, juos būtų sunku suprasti (Van Cauwenberg *et al.* 2007), todėl buvo pasirinkti patys svarbiausi darnumo kriterijai, kurių vidutinė reikšmė didesnė už 3.00.

Po pirmojo etapo 15 statybos darnumo kriterijų (4 ekonominiai, 6 aplinkosaugos ir 5 socialiniai) pasirinkta naudoti antrajame etape. Antrajame etape specialistų grupę sudarė dvi ekspertų grupės: 12 specialistų iš pirmojo etapo ir dar 10 naujų specialistų, atstovaujančių socialiai atsakingoms statybos sektoriaus įmonėms. Taigi šių ekspertų grupę iš viso sudarė 22 specialistai (9 įmonių vadovai, 3 inžinieriai ir 10 projektų vadovų). Specialistai turėjo įvertinti kiekvieną rodiklį pagal svarbą nuo 1 iki 15, kur 15 – didžiausias balas, o 1 – mažiausias balas. Gauti rezultatai pateikti 3.4 lentelėje.

### 3.4 lentelė. Kriterijai ir rodikliai (šaltinis: autorė)

**Table 3.4.** Criteria and indicators (source: author)

Matmuo	Kodas	Kriterijai	Rodiklis	Taškai
Aplinkosaugos	$I_1$	Vandens suvartojimas	$m^3$ / grynosios pajamos	141
Aplinkosaugos	$I_2$	Išmetamas ŠESD kiekis	$CO_2$ t / grynosios pajamos	160
Aplinkosaugos	$I_3$	Patvarių medžiagų naudojimas	Išlaidos patvarioms medžiagoms / išlaidos visoms medžiagoms	108
Aplinkosaugos	$I_4$	Nedidelę riziką sveikatai keliančių medžiagų naudojimas	Išlaidos nedidelę riziką sveikatai keliančioms medžiagoms / išlaidos visoms medžiagoms	104
Aplinkosaugos	$I_5$	Atsinaujinančiosios energijos naudojimas	Atsinaujinančioji energija / visa energija	116
Aplinkosaugos	$I_6$	Energijos suvartojimas	Gigadžuliai (GJ) / grynosios pajamos	202
Socialinis	$I_7$	Visuotinės svarbos projektu paskelbtas projektas	Projekto išlaidos / visos išlaidos	32
Socialinis	$I_8$	Darbuotojų sauga ir sveikata	Nelaimingų atsitikimų skaičius / bendras darbuotojų skaičius	286

## 3.4 lentelės pabaiga

Matmuo	Kodas	Kriterijai	Rodiklis	Taškai
Socialinis	$I_9$	Vadovavimas / žinių valdymas	Akredituotų specialistų skaičius / bendras darbuotojų skaičius	218
Socialinis	$I_{10}$	Vietos darbuotojai statybos, eksploatavimo ir priežiūros metu	Vietos darbuotojų skaičius / bendras darbuotojų skaičius	95
Socialinis	$I_{11}$	Darbuotojų mokymas	Mokymo valandos per metus / bendras darbuotojų skaičius	117
Ekonominis	$I_{12}$	Tiesioginių išlaidų mažinimas	Tiesioginės išlaidos / visos išlaidos	299
Ekonominis	$I_{13}$	Netiesioginių išlaidų mažinimas	Netiesioginės išlaidos / visos išlaidos	262
Ekonominis	$I_{14}$	Priežiūros išlaidos	Priežiūros išlaidos / visos išlaidos	199
Ekonominis	$I_{15}$	Statybos trukmė	Mėnesių skaičius / gryniosios pajamos	301

Ranguojant darnumo kriterijus, ekspertų nuomonės labiausiai išsiskyrė dėl vietos darbuotojų statybos, eksploatavimo ir priežiūros metu (variacijos koeficientas 75 %). Vertinant statybos trukmę, netiesioginių išlaidų mažinimą, tiesioginių išlaidų mažinimą, darbuotojų saugą ir sveikatą bei išmetamas ŠESD kieki, ekspertų nuomonės buvo gana vieningos (3.5 lentelė).

**3.5 lentelė.** Ekspertinio vertinimo skaitinės charakteristikos (šaltinis: autorė)

**Table 3.5.** Numerical characteristics of expert evaluation (source: author)

Kriterijus	Vidurkis	Mediana	Moda	Minimalus ivertinimas	Maksimalus ivertinimas	Vidutinis kvadratinis nuokrypis	Variacijos koeficientas
Vandens suvartojimas	6,41	6,00	9,00	2	10	2,48	39 %
Išmetamas ŠESD kiekis	7,27	7,00	7,00	4	9	1,35	19 %
Patvarių medžiagų naudojimas	4,91	5,50	6,00	1	8	2,43	49 %

## 3.5 lentelės pabaiga

Kriterijus	Vidurkis	Mediana	Moda	Minimalus įvertinimas	Maksimalus įvertinimas	Vidutinis kvadratinis nuokrypis	Variacijos koeficientas
Nedidelę riziką sveikatai keliančių medžiagų naudojimas	4,73	5,00	3,00	1	9	2,29	48 %
Atsinaujinančios energijos naudojimas	5,27	5,50	6,00	3	9	1,64	31 %
Energijos suvartojimas	9,18	9,00	11,00	4	14	2,42	26 %
Visuotinės svarbos projektu paskelbtas projektas	1,45	1,00	1,00	1	2	0,51	35 %
Darbuotojų sauga ir sveikata	13,00	12,50	15,00	11	15	1,63	13 %
Vadovavimas, žinių valdymas	9,91	10,00	10,00	3	14	3,66	37 %
Vietos darbuotojai statybos, eksploatavimo ir priežiūros metu	4,32	2,50	2,00	1	10	3,23	75 %
Darbuotojų mokymas	5,32	4,00	4,00	1	11	2,71	51 %
Tiesioginių išlaidų mažinimas	13,59	14,00	15,00	11	15	1,62	12 %
Netiesioginių išlaidų mažinimas	11,91	12,00	12,00	9	14	1,31	11 %
Priežiūros išlaidos	9,05	10,00	10,00	3	14	3,43	38 %
Statybos trukmė	13,68	14,00	14,00	10	15	1,17	9 %

Kadangi ekspertų nuomonės ir požiūris į sprendžiamą problemą skiriasi, būtina įvertinti jų nuomonių suderinamumo laipsnį. Nuomonių suderinamumas įvertintas apskaičiuojant konkordacijos koeficientą pagal 2.2 formulę. Apskaičiuoto konkordancijos koeficiento reikšmė ( $W = 0,73$ ) parodė, kad ekspertų vertinimai yra labai panašūs. Taip pat įvertintas ekspertų nuomonių patikimumas. Pagal 2.3 formulę apskaičiuota  $\chi^2$  reikšmė didesnė už  $\chi_{kr}^2$  ( $224,74 >$

23,68), reikšmingumo lygmuo  $\alpha = 0,05$ . Taigi ekspertų vertinimai yra suderinti ir juos galima naudoti tolesniems tyrimams.

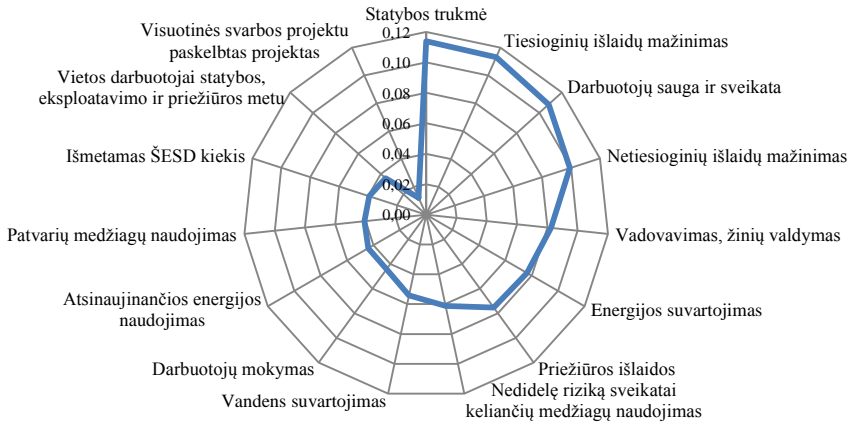
3.6 lentelėje matomas kiekvieno kriterijaus reikšmingumas.

**3.6 lentelė.** Kriterijų reikšmingumai (šaltinis: autorė)

**Table 3.6.** Significance of each criterion (source: author)

Kodas	Kriterijai ir jų grupės	Svorio koeficientai pagal grupes	Bendras svorio koeficientas
<b>APLINKOSAUGOS</b>		<b>0,315</b>	
$I_6$	Energijos suvartojimas	0,243	0,077
$I_2$	Išmetamas ŠESD kiekis	0,193	0,061
$I_1$	Vandens suvartojimas	0,170	0,053
$I_5$	Atsinaujinančiosios energijos naudojimas	0,140	0,044
$I_3$	Patvarių medžiagų naudojimas	0,130	0,041
$I_4$	Nedidelę riziką sveikatai keliančių medžiagų naudojimas	0,125	0,039
<b>SOCIALINIAI</b>		<b>0,283</b>	
$I_8$	Darbuotojų sauga ir sveikata	0,382	0,108
$I_9$	Vadovavimas / žinių valdymas	0,291	0,083
$I_{11}$	Darbuotojų mokymas	0,156	0,044
$I_{10}$	Vietos darbuotojai statybos, eksploatavimo ir priežiūros metu	0,127	0,036
$I_7$	Visuotinės svarbos projektu paskelbtas projektas	0,043	0,012
<b>EKONOMINIAI</b>		<b>0,402</b>	
$I_{15}$	Statybos trukmė	0,284	0,114
$I_{12}$	Tiesioginių išlaidų mažinimas	0,282	0,113
$I_{13}$	Netiesioginių išlaidų mažinimas	0,247	0,099
$I_{14}$	Priežiūros išlaidos	0,188	0,075

Kriterijų reikšmingumo analizė, remiantis ekspertų vertinimu, parodė, kad statybos sektoriaus įmonėms svarbiausi kriterijai yra statybos trukmė, tiesioginių išlaidų mažinimas bei darbuotojų sauga ir sveikata, o mažiausiai reikšmingi yra tokie kriterijai kaip visuotinės svarbos projektu paskelbtas projektas, vietos darbuotojai statybos, eksploatavimo ir priežiūros metu (3.2 pav.).



**3.2 pav.** Kriterijų reikšmingumai (šaltinis: autorė)

**Fig. 3.2.** Significance of each criterion (source: author)

Kitas etapas – normalizavimas. 2.2.2 skirsnyje buvo supažindinta su galimais normalizavimo metodais. Reikėtų pažymėti, kad vertindami naujo projekto darnumą, susiduriame su problema, jog projektas neturi raidos krypties. Todėl reikėtų naudoti bazinį lygį (tai yra paprasčiausias atskaitos taškas) arba tikslinę reikšmę (Moldan *et al.* 2012). Mūsų atveju kiekvienam rodikliui siūlome taikyti tikslines reikšmes. Kiekviena įmonė turėtų nustatyti tikslus kiekvienam rodikliui, pvz., projekto patvarių medžiagų išlaidos turėtų sudaryti bent 20 % visų medžiagoms įsigyti skiriamų lėšų. Vadinasi,  $I_{tar} = 20\%$ . Tarkime, kad projekto  $I_3 = 10\%$ .  $I_3$  normalizuota reikšmė būtų lygi 0,5.

Normalizuoti rodikliai pavaizduoti 3.1 ir 3.2 formulėmis:

$$I_{Ni} = \frac{I_i}{I_{itarmax}}, \quad (3.1)$$

$$I_{Ni} = \frac{I_{itarmin}}{I_i}, \quad (3.2)$$

čia  $I_i$  –  $i$ -tojo darnumo rodiklio reikšmė;  $I_{itar}$  –  $i$ -tojo darnumo rodiklio tikslinė reikšmė;  $0 \leq I_{Ni} \leq 1$ .

Atsižvelgiant į jų poveikį darnumui, rodikliai skirstomi į dvi grupes. Tai rodikliai, kurių didėjančios reikšmės teigiamai veikia darnumą (3.1 formulė), ir rodikliai, kurių didėjančios reikšmės turi neigiamą poveikį (3.2 formulė). Normalizavimo formulės taikomos atsižvelgiant į tai, kuriai grupei priklauso rodiklis (3.7 lentelė).

**3.7 lentelė.** Rodiklių tipai (šaltinis: autorė)**Table 3.7.** Type of indicators (source: author)

Kodas	Kriterijai	Rodiklis	Tipas
$I_1$	Vandens suvartojimas	$m^3$ / grynosios pajamos	<i>min</i>
$I_2$	Išmetamas ŠESD kiekis	$CO_2$ t / grynosios pajamos	<i>min</i>
$I_3$	Patvarių medžiagų naudojimas	Išlaidos patvarioms medžiagoms / išlaidos visoms medžiagoms	<i>max</i>
$I_4$	Nedidelę riziką sveikatai keliančių medžiagų naudojimas	Išlaidos nedidelę riziką sveikatai keliančioms medžiagoms / išlaidos visoms medžiagoms	<i>max</i>
$I_5$	Atsinaujinančiosios energijos naudojimas	Atsinaujinančioji energija / visa energija	<i>max</i>
$I_6$	Energijos suvartojimas	GJ / grynosios pajamos	<i>min</i>
$I_7$	Visuotinės svarbos projektu paskelbtas projektas	Projekto išlaidos / visos išlaidos	<i>max</i>
$I_8$	Darbuotojų sauga ir sveikata	Sužalojimų (nelaimingų atsitikimų) skaičius / bendras darbuotojų skaičius	<i>min</i>
$I_9$	Vadovavimas / žinių valdymas	Akredituotų specialistų skaičius / bendras darbuotojų skaičius	<i>max</i>
$I_{10}$	Vietos darbuotojai statybos, eksploatavimo ir priežiūros metu	Vietos darbuotojų skaičius / bendras darbuotojų skaičius	<i>max</i>
$I_{11}$	Darbuotojų mokymas	Mokymo valandos per metus / bendras darbuotojų skaičius	<i>max</i>
$I_{12}$	Tiesioginių išlaidų mažinimas	Tiesioginės išlaidos / visos išlaidos	<i>min</i>
$I_{13}$	Netiesioginių išlaidų mažinimas	Netiesioginės išlaidos / visos išlaidos	<i>min</i>
$I_{14}$	Priežiūros išlaidos	Priežiūros išlaidos / visos išlaidos	<i>min</i>
$I_{15}$	Statybos trukmė	Mėnesių skaičius / grynosios pajamos	<i>min</i>

Po normalizavimo rodikliai bemačiai, o jų reikšmės svyruoja nuo 0 iki 1 (0 – blogiausia reikšmė, 1 – geriausia reikšmė).

Paskutinis etapas – agregavimas. Šiame etape sudaromas suvestinis rodiklis, vadinamas sudėtinio projekto darnumo indeksu. Dažniausiai naudojamas agregavimo būdas – atskirų svertinių ir normalizuotų rodiklių susumavimas. Plačiai taikomas paprastasis adityvus svorių metodas (angl. *Simppl Additive*

*Weightening* – SAW). Taigi, sudėtinis projekto darnumo indeksas apskaičiuojamas taip:

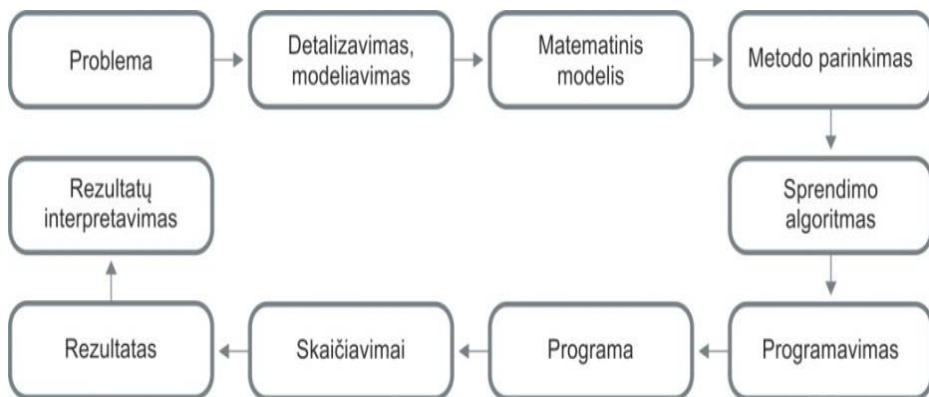
$$CSIP = \sum_{i=1}^n \omega_i I_{Ni}, \quad (3.3)$$

čia  $CSIP$  – sudėtinis projekto darnumo indeksas;  $\omega_i$  –  $i$ -tojo darnumo rodiklio svoris;  $I_{Ni}$  –  $i$ -tojo darnumo rodiklio normalizuota reikšmė;  $0 \leq CSIP \leq 1$ . Indekso reikšmė svyruoja nuo 0 iki 1. Didesnė reikšmė rodo aukštesnį projekto darnumo lygį.

$$\begin{aligned} CSIP = & 0,053I_{N1} + 0,061I_{N2} + 0,041I_{N3} + 0,039I_{N4} \\ & + 0,044I_{N5} + 0,077I_{N6} + 0,012I_{N7} + 0,108I_{N8} \\ & + 0,083I_{N9} + 0,036I_{N10} + 0,044I_{N11} + 0,113I_{N12} \\ & + 0,099I_{N13} + 0,075I_{N14} + 0,114I_{N15}. \end{aligned}$$

### 3.3. Finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelis

Šiame skyrsnyje bus sukurtas finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelis. 3.3 paveiksle parodyta modelio sudarymo schema.



**3.3 pav.** Finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelio sudarymo schema (šaltinis: autorė)

**Fig. 3.3.** Scheme for the development of a model of financial resource allocation in a project portfolio (source: author)



Modelio prielaidos ir apribojimai:

- 1) yra projektų, konkuruojančių tik dėl finansinių išteklių, aibė;
- 2) finansinių išteklių turima mažiau nei bendra lėšų suma, reikalinga visiems projektams;
- 3) apibrėžta didžiausia projektui skiriamų lėšų suma;
- 4) sprendimas dėl finansavimo priimamas tik vieną kartą per atitinkamą laikotarpį;
- 5) visus projektus planuojama pradėti vienu metu;
- 6) projektų tarpusavio priklausomybė nevertinama;
- 7) projektai nėra suskirstyti į atskirus veiksmus ar užduotis.

### 3.3.1. Moderniosios portfelio teorijos pritaikymas

2.3 skirsnyje minėta, kad Markowitz suformulavo portfelio optimizavimo problemą taikydamas du kriterijus: tikėtiną grąžą ir riziką. Taikant modelį, grąžos nepastovumui įvertinti kaip rizikos matas naudojama dispersija (arba standartinis nuokrypis). Todėl pakanka suprasti, kad pelningumas ir standartiniai nuokrypiai (arba dispersija) gali būti taikomi ir formuojant optimalų projektų portfelį. Tiek tikėtinas pelningumas, tiek rizika dažniausiai apskaičiuojami remiantis istoriniais duomenimis. Apskaičiuojant tikėtiną pelningumą naudojamas aritmetinis grąžos vidurkis, o rizika apskaičiuojama naudojant standartinius praėjusių laikotarpių grąžos nuokrypius arba dispersijas.

Remiantis Markowitz teorija, jeigu planuojamas finansinės priemonės  $i$  pelningumas (grąža) yra  $E_i R_i$ , o investuojama pinigų suma, skiriama šiai priemonei, yra  $x_i$ , tai planuojamas portfelio pelningumas yra:

$$ER_p = \sum_{i=1}^n x_i E_i R_i, \quad (3.4)$$

čia

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1.$$

Tačiau praktikoje dažnai bendrai akcijos grąžai apskaičiuoti naudojama paprastoji formulė, nes įvertinti tikėtiną akcijos grąžą yra gana sudėtinga (Mangram 2013). Remiantis prielaida, kad investuotojas uždirba iš akcijos pirkimo ir pardavimo kainų skirtumo, akcijos grąžą galima apskaičiuoti kaip dienos, savaitės, mėnesio ar metų grąžos vidurkį (Haugen 2001):

$$R_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{V_1 - V_0}{V_0}, \quad (3.5)$$

čia  $R_i$  – vidutinė akcijos  $i$  grąža;  $V_1$  – akcijos pardavimo kaina;  $V_0$  – akcijos pirkimo kaina;  $n$  – analizuojamų laikotarpių skaičius.

Remiantis 3.5 formule ir darant prielaidą, kad projekto grąža yra pelno ir investicijų skirtumas, projekto grąža apskaičiuojama kaip projekto grąžos pagal skirtingus scenarijus vidurkis (naudojami projekto scenarijai, nes istorinių duomenų nėra):

$$R_i = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n \frac{G-l}{I}, \quad (3.6)$$

čia  $R_i$  – vidutinė projekto  $i$  grąža;  $G$  – pajamos iš investicijų;  $I$  – išlaidos investicijoms;  $n$  – analizuotų scenarijų skaičius.

Jeigu planuojamas projekto  $i$  pelningumas yra  $R_i$  ir finansinių išteklių suma, skiriama šiam projektui, yra  $x_i$ , tai planuojamas projektų portfelio pelningumas yra:

$$R = \sum_{i=1}^n x_i R_i, \quad (3.7)$$

Kaip jau minėta, finansinės priemonės rizikos laipsnis gali būti išreiškiamas dispersija arba standartiniu nuokrypiu. Finansinės priemonės dispersija apskaičiuojama pagal formulę:

$$\sigma^2 = \sum_{t=1}^t P_t (R_t - E_i R_i)^2, \quad (3.8)$$

čia  $R_t$  – finansinės priemonės laikotarpio  $t$  pelningumas;  $E_i R_i$  – finansinės priemonės vidutinis planuojamas pelningumas;  $P_t$  – laikotarpio  $t$  pelningumo tikimybė.

Standartinis nuokrypis parodo, kiek vidutiniškai projekto grąža nukrypsta nuo imties vidurkio tais pačiais matavimo vienetais. Standartinis nuokrypis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}. \quad (3.9)$$

Reikėtų pastebėti, kad Markowitz modelyje rizika vertinama variacijos reikšme, kuri įvertinama abiejų pusių svyravimais apie vidurkį. Tačiau praktikoje investuotojams labiau rūpi nuokrypiai į neigiamą pusę nuo vidurkio (Boasson *et al.* 2011, Mohagheghi *et al.* 2015; Saborido *et al.* 2016). Taigi, Markowitz pasiūlė kitą rizikos matą – pusvariaciją (angl. *semi-variance*), kuria įvertinamas tik pelningumo mažėjimo atvejis apie vidurkį, t. y. ji apskaičiuojama taip pat kaip variacija, tačiau įtraukiamos tik tos reikšmės, kurios yra mažesnės už vidurkį. Markowitz pasiūlė dvi statistines reikšmes rizikai vertinti: už vidurkį mažesnę pusvariaciją ir už tikslinę reikšmę mažesnę pusvariaciją. Nemažai autorių, sprendami portfelio sudarymo klausimą, kaip rizikos matą naudoja už vidurkį mažesnes *semi-deviation* arba *semi-variance* reikšmes (neigiama rizika) (Jafari-zadeh *et al.* 2008, Boasson *et al.* 2011, Zhang *et al.* 2011, Trenado *et al.* 2014, Huang *et al.* 2015, Mohagheghi *et al.* 2015, Saborido *et al.* 2016, Qin *et al.*

2016). Tačiau atsižvelgiant į tai, kad pusvariaciją sudėtinga apskaičiuoti (Estrada 2008) ir į tai, kad dauguma autorių (Aouni *et al.* 2014, Gasser *et al.* 2014, Hadi *et al.* 2016, Mashayekhi, Omrani 2016) naudoja dispersiją, šiame darbe taip pat vertinamas abiejų pusių svyravimas apie vidurkį.

Projekto grąžos dispersijos formulė:

$$V_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (R_{ij} - R_i)^2, \quad (3.10)$$

čia  $n$  – scenarijų skaičius;  $R_{ij}$  – projekto  $i$  scenarijaus  $j$  grąža;  $R_i$  – vidutinė projekto  $i$  grąža.

Sudarant portfelį ir paskirstant išteklius svarbu suprasti skirtingų projektų rizikos sąveiką. Finansų rinkose lemiamas portfelio rizikos veiksnys – kokių mastu grąža varijuoja kartu arba priešinga kryptimi. Rizika priklauso nuo skirtingų vertybinių popierių portfelyje grąžos koreliacijos. Įmonėje vykdomi projektai dažniausiai yra glaudžiai tarpusavyje susiję, todėl ir portfelio iš esmės negalima kokybiškai diversifikuoti. Taigi, kaip ir daugumoje kitų autorių (Costa *et al.* 2005, Chen *et al.* 2009, Huang *et al.* 2008, Tiryaki *et al.* 2009, Arasteh *et al.* 2014, Karsu, Morton 2014) darbuose, šiame darbe neatsižvelgiama į projektų tarpusavio priklausomybę.

### 3.3.2. Trijų tikslų projektų portfelio optimizavimas

Šiame skirsnyje apibūdinamas finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelis. Remiantis Peylo (2012) pasiūlytais darnumo integravimo į portfelio teoriją būdais (2.5 pav.), pasirinktas trečias būdas, t. y. darnumo, kaip papildomo kriterijaus, integravimas į naują trijų tikslų portfelio optimizavimą.

Į darnumą orientuotas finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelis formuluojamas taip:

Modelis

1 tikslas:

$$\max R = \sum_{i=1}^n x_i R_i, \quad (3.11)$$

2 tikslas:

$$\min V = \sum_{i=1}^n x_i^2 V_i, \quad (3.12)$$

3 tikslas:

$$\max S = \sum_{i=1}^n x_i S_i, \quad (3.13)$$

Jeigu:

$$\forall i \ 0 \leq x_i \leq 0,2,$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1,$$

čia 1 tikslas – tikėtinos portfelio grąžos maksimizavimas; 2 tikslas – portfelio rizikos minimizavimas; 3 tikslas – portfelio darnumo maksimizavimas;  $x_i$  – finansinių išteklių, investuotų į projektą  $i$ , dalis;  $R_i$  – tikėtina projekto  $i$  grąža;  $V_i$  – projekto  $i$  grąžos dispersija;  $S_i$  – projekto  $i$  darnumo indeksas, kur  $S_i = CSIP$  (3.3 formulė).

Portfelis vadinamas efektyviu, jeigu nėra kito dominuojančio portfelio, t. y. tokio, kurio visų trijų tikslų reikšmės būtų tokios pačios arba didesnės. Efektyvūs portfeliai sudaro dvimatį paviršių trimatėje erdvėje (grąža ( $R$ ), rizika ( $V$ ), darnumas ( $S$ )), tai vadinama efektyviu modelio paviršiumi. Jį galima lengvai nubraižyti, jei žinoma pakankamai taškų (atitinkančių tam tikrą efektyvių portfelių aibę). Tačiau praktiniais sumetimais šiuos portfelius geriau išdėstyti pagal du parametrus su tam tikra paprasta reikšme. Toliau naudojami parametrai  $\alpha$  ir  $\beta$ , kurių galimos reikšmės  $[0;1]$ , o atitinkamas portfelis yra tas, kurį sudarius minimizuojama ši funkcija:

$$\min(1 - \alpha)(1 - \beta)V - (1 - \alpha)\beta R - \alpha S. \quad (3.14)$$

Parametras  $\alpha$  parodo portfelio darnumą: kuo jo reikšmės didesnės, tuo didesnės gaunamų portfelių  $S$  reikšmės. Jei mus domina tik  $S$ , reikėtų pasirinkti reikšmę  $\alpha = 1$ , tuo tarpu kita ribinė reikšmė  $\alpha = 0$  reiškia, kad  $S$  mums visai nerūpi. Jeigu nustatyta  $\alpha < 1$ , parametras  $\beta$  leidžia  $R$  ir  $V$  priskirti pageidaujamus svorius. Kai  $\beta$  reikšmės didesnės, gaunami portfeliai su didesne tikėtina grąža rizikos sąskaita.

Šie du parametrai ( $\alpha$  ir  $\beta$ ) sprendimų priėmėjams leidžia lanksčiau išreikšti savo pasirinkimą dėl darnumo, grąžos ir rizikos.

### 3.4. Eksperimentinis modelio patikrinimas

Siekiant patikrinti, kokios yra modelio pritaikymo galimybės, buvo atliktas eksperimentas vienoje statybų įmonėje, turinčioje daugiau nei 25 metų patirtį vykdant baigiamuosius statybos ir apdailos darbus. Atsižvelgiant į tai, kad įmonė nenorėjo atskleisti konfidencialios informacijos apie save ir savo vykdomus projektus, pateikiama ribota informacija, t. y. 20 projektų skaičiavimui reikalingi finansiniai ir darnumo duomenys (3.8 lentelė).

Kiekvieno projekto grąža apskaičiuota remiantis 3.7 formule, projekto rizika apskaičiuota pagal 3.10 formulę, o projekto darnumas įvertintas naudojant 3.3 formulę.

**3.8 lentelė.** Projektų duomenys (šaltinis: autorė)

**Table 3.8.** Project data (source: author)

Projekto kodas	Grąža	Rizika	Darnumo indeksas
P1	0,4519	0,0526	0,6700
P2	0,5435	0,0880	0,5700
P3	0,5848	0,0942	0,6600
P4	0,4413	0,0433	0,3300
P5	0,3932	0,0633	0,7400
P6	0,3640	0,0680	0,4500
P7	0,4907	0,0342	0,3300
P8	0,3912	0,0383	0,3900
P9	0,5420	0,0582	0,6500
P10	0,3718	0,0467	0,6400
P11	0,4821	0,0562	0,6700
P12	0,3511	0,1344	0,5700
P13	0,5833	0,0785	0,5600
P14	0,4614	0,0452	0,3700
P15	0,4555	0,1889	0,7200
P16	0,3910	0,0347	0,4500
P17	0,5304	0,0266	0,5500
P18	0,5909	0,0411	0,5900
P19	0,5416	0,0531	0,6100
P20	0,4707	0,1128	0,6500

Tikrinant modelį buvo analizuojama vienuolika  $\alpha$  ir  $\beta$  lygių (nuo 0 iki 100 %, palaipsniui didinant po 10 %). Buvo analizuojami visi projektų deriniai kiekvienam  $\alpha$  ir  $\beta$  lygiui. Kai  $n$  yra nedidelis, efektyvius portfelių, kuriuos sudarius minimizuojama funkcija  $(\min(1 - \alpha)(1 - \beta)V - (1 - \alpha)\beta R - \alpha S)$  lengvai galima rasti pasitelkus kvadratinį programavimą. Naudota  $R$ , atvirojo statistinio skaičiavimo aplinka, konkrečiai – paketai *quadprog* ir *lpSolve* (pastarasis tik tuo atveju, kai  $\beta = 1$ ). 111 efektyvių portfelių skaičiavimams, kai  $n = 20$ , prireikė mažiau nei sekundės. Rezultatai pateikti priede A. Iš visų ga-

limų portfelių kombinacijų sprendimų priėmėjas gali pasirinkti projektų portfelių, kuris atspindėtų jo pasirinkimą darnumo, grąžos ir rizikos atžvilgiu, ir atitinkamai paskirstyti finansinius išteklius projektams portfelyje. Žemiau pateikiami šešių projektų portfelių pavyzdžiai (3.9 lentelė), kai yra įgyjamos didžiausios ir mažiausios portfelio darnumo, grąžos ir rizikos reikšmės. Analizuodami duomenis matome, kad didžiausia portfelio darnumo įgyta reikšmė yra 0,6920, o mažiausia – 0,5095. Esant tokioms portfelio darnumo reikšmėms, portfelio grąža atitinkamai yra 0,4732 ir 0,4735. Tuo tarpu didžiausia įgyta portfelio grąža yra 0,5689, esant 0,6060 portfelio darnumo reikšmei. Siūlomas modelis leidžia sprendimų priėmėjui įvertinti galimus finansinius nuostolius, kai į portfelio sudarymą ir išteklių paskirstymą įtraukiamas darnumas. Jeigu iš visų galimų portfelių kombinacijų sprendimų priėmėjas pasirinktų projektų portfelių, kurio darnumo lygis yra aukščiausias (0,6920), jis patirtų finansinių nuostolių, t. y. portfelio grąža būtų 17 % mažesnė nei galima maksimali portfelio grąža. Ir atvirkščiai, jeigu sprendimų priėmėjas pasirinktų projektų portfelių, kurio grąža yra didžiausia (0,5689), portfelio darnumo lygis sumažėtų 12 %. Taigi, modelis sprendimų priėmėjui suteikia galimybę nuspręsti, kokius projektus finansuoti. Ar tuos, kuriais užtikrinama didžiausia portfelio grąža, ar tuos, kuriais užtikrinama didžiausia portfelio darnumo vertė ir priimtinas portfelio grąžos lygis.

**3.9 lentelė.** Projektų portfelių duomenys (šaltinis: autorė)

**Table 3.9.** Project portfolio data (source: author)

Kriterijus	Reikšmė	Portfelio grąža	Portfelio rizika	Portfelio darnumas
Portfelio darnumas ( <i>min</i> )	0,5095	0,4732	0,0110	–
Portfelio darnumas ( <i>max</i> )	0,6920	0,4735	0,0466	–
Portfelio grąža ( <i>min</i> )	0,4551	–	0,0242	0,6776
Portfelio grąža ( <i>max</i> )	0,5689	–	0,0333	0,6060
Portfelio rizika ( <i>min</i> )	0,0110	0,4732	–	0,5095
Portfelio rizika ( <i>max</i> )	0,0469	0,4915	–	0,6880

### 3.5. Darnumo poveikio portfelio grąžai vertinimas

Ekspertimentinis modelio patikrinimas leidžia išsiaiškinti, kokią poveikį portfelio grąžai daro darnumo integravimas į vidurkio-dispersijos modelį. Esamoje literatūroje, kurioje nagrinėjami darnumo ir portfelio finansinės grąžos ryšiai, aiškios nuomonės nėra. Tyrimuose daugiausia lyginami socialiai atsakingų investicijų portfelių ir tradicinių portfelių finansiniai rezultatai (Bilbao-Terol *et al.* 2012a, Ballesterio *et al.* 2012, Pérez-Gladish *et al.* 2013, Utz *et al.* 2014, Trenado *et al.* 2014, Gasser *et al.* 2014, Peylo and Schaltegger (2014). Bilbao-Terol *et al.* (2012) įrodė, kad investuotojo požiūris į riziką turi įtakos grąžos nuostoliams, kurie atsiranda pasirinkus socialiai atsakingas investicijas. Ballesterio *et al.* (2012) tyrimo rezultatai parodė, kad etiškas investavimas susijęs su didesne rizika. Savo tyrime Bilbao-Terol *et al.* (2013) nustatė, kad su socialiai atsakingomis investicijomis susiję finansiniai nuostoliai investuotojams, linkusiems kuo mažiau rizikuoti, yra palyginti nedideli. Utz *et al.* (2014) atskleidė, kad darnumas nelemia prastesnių socialiai atsakingų investicijų finansinių rezultatų ar didesnės rizikos. Įdomu tai, kad jie taip pat padarė išvadą, jog socialiai atsakingų investicijų socialinės atsakomybės balas nėra aukštesnis, lyginant su tradicinėmis investicijomis. Trenado *et al.* (2014) padarė išvadą, kad darnumo tikslo įtraukimas turi labai nežymų neigiamą poveikį siekiant finansinių tikslų ir nedidelį teigiamą poveikį siekiant darnumo tikslo. Be to, įtraukus darnumo tikslą keičiasi portfelių struktūra. Visiškai priešingus rezultatus gavo Peylo, Schaltegger (2014) ir Gasser *et al.* (2014). Peylo ir Schaltegger (2014) nagrinėjo, ar skirtingi akcijų portfelių darnumo lygiai turi įtakos investicijų grąžai, kai neutralizuoti kiti veiksniai, kurių poveikis investicijų rezultatams žinomas, ir kokia ta įtaka yra. Jų išvados parodė aiškų, nors ir netiesinį ryšį tarp darnumo ir investicijų rezultatų. Iki lūžio taško didesnis portfelio darnumas prisideda prie geresnių finansinių rezultatų, tačiau darnumui dar didėjant finansiniai rezultatai pradeda prastėti. Tuo tarpu Gasser *et al.* (2014) nustatė, kad kai investuotojai siekia kuo didesnio socialinio investicijų poveikio, tikėtina grąža iš tiesų statistiškai reikšmingai sumažėja. Tačiau kai sudaromas socialinės atsakomybės ir rizikos požiūriu optimalus portfelis, jo socialinės atsakomybės reitingas yra statistiškai reikšmingai didesnis nei grąžos ir rizikos požiūriu optimalaus portfelio.

Siekiant išanalizuoti ryšius tarp darnumo ir projektų portfelio grąžos, buvo atlikta statistinė analizė naudojant IBM SPSS Statistics 22. Buvo analizuojami 111 gautų portfelių duomenys. Tyrimas parodė, kad tarp darnumo ( $\alpha$ ) ir portfelio grąžos yra statistiškai reikšminga stipri tiesinė koreliacija (3.10 lentelė). Darnumo integravimas į išteklių paskirstymą daro neigiamą poveikį portfelio grąžai. Kuo parametras  $\alpha$  yra didesnis (vadinasi, ir portfelio darnumas yra didesnis), tuo portfelio grąža yra mažesnė.

**3.10 lentelė.** Darnumo ir portfelio grąžos koreliacija (šaltinis: autorė)

**Table 3.10.** Correlation between sustainability and portfolio return (source: author)

Matai	$\alpha$ / portfelio grąža
Pirsono koreliacijos koeficientas	0,519 <sup>**</sup>
Reikšmingumas (2-tailed)	0,000
N	159

<sup>\*\*</sup>. Koreliacija reikšminga 0,01 lygiu (2-tailed).

Tuo pat metu, norint parodyti, kokią įtaką darnumo integravimas turi portfelio struktūrai, buvo parinkti trys projektų portfeliai. Pirmas portfelis (darnus portfelis)  $\alpha = 1$ , kai neatsižvelgiama nei į grąžą, nei į riziką. Antras portfelis (subalansuotas portfelis)  $\alpha = 0,5$ ;  $\beta = 0,5$ , kai rizikai ir grąžai suteikiamas toks pat reikšmingumas. Trečias portfelis (finansinis portfelis)  $\alpha = 0$ ;  $\beta = 0,5$ , kai nepaisoma darnumo, o rizikai ir grąžai suteikiamas toks pat reikšmingumas. Rezultatai pateikti 3.11 lentelėje.

**3.11 lentelė.** Projektų duomenys (šaltinis: autorė)

**Table 3.11.** Project data (source: author)

Projekto kodas	Finansinis portfelis	Subalansuotas portfelis	Darnus portfelis
	$\alpha = 0; \beta = 0,5$	$\alpha = 0,5; \beta = 0,5$	$\alpha = 1; \beta = 0,5$
P1	–	0,1244	0,2000
P2	0,0505	–	–
P3	0,0673	0,1024	0,2000
P4	–	–	–
P5	–	0,1872	0,2000
P6	–	–	–
P7	0,1090	–	–
P8	–	–	–
P9	0,1133	0,1759	–
P10	–	–	–
P11	0,0266	0,1571	0,2000
P12	–	–	–
P13	0,0957	–	–
P14	–	–	–
P15	–	0,0242	0,2000
P16	–	–	–
P17	0,2000	–	–



3.11 lentelės pabaiga

Projekto kodas	Finansinis portfelis	Subalansuotas portfelis	Darnus portfelis
P18	0,2000	0,1415	–
P19	0,1354	0,0685	–
P20	0,0021	0,0188	–
Portfelio grąža	0,5490	0,5014	0,4735
Portfelio rizika	0,0180	0,0231	0,0467
Portfelio darnumas	0,5663	0,6640	0,6920

Šio tyrimo metu gauti rezultatai labai panašūs į Trenado *et al.* (2014) ir Utz *et al.* (2014) gautus rezultatus. Kaip ir buvo galima tikėtis, įtraukus darnumo aspektus, pasikeičia projektų portfelio struktūra ir įvairių kriterijų (portfelio grąžos, portfelio rizikos ir portfelio darnumo) reikšmės.

### 3.6. Tyrimo plėtojimo galimybės

Darbe pasiūlytas finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelis, apimantis ne tik du klasikinius finansinius kriterijus (grąžą ir riziką), bet ir darnumo aspektus, yra tinkama priemonė daugumos dabartinių sprendimų priėmėjų individualiam pasirinkimui išreikšti. Tačiau, nepaisant šio modelio privalumų, jis galėtų būti tobulinamas keliomis skirtingomis kryptimis:

- būtų naudinga išplėsti modelį įtraukiant planavimo perspektyvą, kai ištekliai paskirstomi per keletą finansavimo laikotarpių;
- siekiant sudaryti geriausią portfelį, reikėtų atsižvelgti į projektų sąveiką;
- atliekant rizikos vertinimą būtų naudinga atsižvelgti tik į neigiamus nuokrypius, nes visada pageidautina didesnė grąža.

Tyrimo metu buvo nustatyta 15 darnumo kriterijų, kurie yra svarbūs statybos sektoriaus specialistams. Be to, atlikus kriterijų reikšmingumo analizę paaiškėjo, kad statybos įmonėms svarbiausi yra ekonominiai kriterijai, po to aplinkosaugos ir galiausiai socialiniai kriterijai. Siekiant užtikrinti kriterijų sąrašo ir jų reikšmingumą patikimumą, galėtų būti atliekami tolesni tyrimai. Tolesniame tyrime turėtų dalyvauti visuomenė, darnumo ekspertai, architektai, nes šios grupės, turėdamos kitokios profesinės patirties ar atstovaudamos įvairioms interesų grupėms, gali turėti kitokią nuomonę.

Taip pat būtų naudinga atlikti papildomus finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelio testavimus kitose to paties sektoriaus įmonėse arba apskritai kitame verslo sektoriuje. Atlikus daugiau modelio testų būtų galima padaryti patikimesnes išvadas dėl darnumo poveikio projektų portfelio grąžai.

Nors esama ir kitų tyrimo krypčių, šiame darbe aprašomo požiūrio supratimas leistų įmonėms vykdyti darnius projektus ir padėtų prisitaikyti prie nuolat besikeičiančios verslo aplinkos. Tiek pasiūlytas finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelis, tiek sudėtinis projekto darnumo indeksas galėtų būti naudojami kaip dvi savarankiškos priemonės, padedančios sprendimų priėmėjams priimti sprendimus atitinkamuose jų priėmimo etapuose.

### 3.7. Trečiojo skyriaus išvados

1. Tyrimo rezultatai parodė, kad Lietuvos statybos sektoriaus įmonėms svarbūs 15 darnumo kriterijų. Ranguojant darnumo kriterijus labiausiai ekspertų nuomonės išsiskyrė dėl vietos darbuotojų statybos, eksploataavimo ir priežiūros metu (variacijos koeficientas 75 %). Vertinant statybos trukmę, netiesioginių išlaidų mažinimą, tiesioginių išlaidų mažinimą, darbuotojų saugą ir sveikatą bei išmetamą ŠESD kiekį, ekspertų nuomonės buvo gana vieningos.
2. Kriterijų reikšmingumo analizė, remiantis ekspertų vertinimu, parodė, kad statybos sektoriaus įmonėms svarbiausi kriterijai yra statybos trukmė, tiesioginių išlaidų mažinimas bei darbuotojų sauga ir sveikata. Ekspertų nuomonių suderinamumo lygis nustatytas apskaičiuojant konkordacijos koeficientą ( $W = 0,73$ ), ekspertų nuomonių patikimumas įvertintas naudojant Pirsono kriterijų.
3. Sprendžiant finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje uždavinį pasitelktas daugiatis optimizavimas. Modelyje naudojami du parametrai  $\alpha$  ir  $\beta$ , kurie suteikia sprendimų priėmėjams lankstumo, kai jiems reikia išreikšti savo pasirinkimą dėl darnumo, grąžos ir rizikos.
4. Modelio patikrinimas leido įvertinti galimus finansinius nuostolius. Jeigu iš visų galimų portfelių kombinacijų sprendimų priėmėjas pasirinktų projektų portfelį, kurio darnumo lygis yra aukščiausias (0,6920), jis patirtų finansinių nuostolių, t. y. portfelio grąža būtų 17 % mažesnė nei galima maksimali portfelio grąža. Ir atvirkščiai, jeigu sprendimų priėmėjas pasirinktų projektų portfelį, kurio grąža yra didžiausia (0,5689), portfelio darnumo lygis sumažėtų 12 %.
5. Tyrimo metu buvo nustatyta statistškai stipri neigiamą tiesinę priklausomybę tarp darnumo ir projektų portfelio grąžos.

---

## Bendrosios išvados

1. Atlikta mokslinės literatūros analizė atskleidė dviejų itin aktualių mokslinių tyrimų sričių – projektų portfelio valdymo ir darnumo – ryšį. Nustatyta, kad projektų portfelio valdymo srityje vis daugiau reikšmės teikiama darnumo klausimui. Vis labiau suprantama, kad turėtų būti įgyvendinami tokie projektai, kurių poveikis įmonių finansiniam rezultatui, visuomenės gerovei ir aplinkai būtų teigiamas.
2. Skirtingų mokslo šakų (ekonomikos, informatikos, matematikos) ir skirtingų mokslinių tyrimų krypčių (moderniosios portfelio teorijos ir darnumo) sinergija sudaro prielaidas sukurti kokybiškai naują finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje priemonę.
3. Tinkamai pritaikius daugiakriterinius sprendimų priėmimo metodus, sudarytas sudėtinis projekto darnumo indeksas, leidžiantis įvertinti projekto darnumo lygį bei palyginti projektus tarpusavyje priimant sprendimus dėl projektų finansavimo:
  - 3.1. Indeksas apjungia 15 rodiklių iš trijų darnumo matmenų (4 ekonominius, 6 aplinkosaugos ir 5 socialinius).
  - 3.2. Sudėtinio projekto darnumo indekso reikšmė gali svyruoti nuo 0 iki 1. Didesnė reikšmė rodo aukštesnį projekto darnumo lygį.

4. Į Markowitz vidurkio-dispersijos modelį integravus sudėtinį projekto darnumo indeksą, sukurtas į darnumą orientuotas finansinių išteklių paskirstymo projektų portfelyje modelis:
  - 4.1. Plėtojant moderniąją portfelio teoriją, tradicinė grąžos ir rizikos priešprieša, kuria rėmėsi Markowitz portfelio teorija, transformavosi į naują paradigmą, kurią taikant atsižvelgiama ne tik į finansinius kriterijus, bet ir į darnumą. Tradicinius rizikos ir grąžos kriterijus papildžius naujais kriterijais, daugiakriteriniai sprendimų priėmimo metodai tapo nepamainomi. Sprendžiant portfelio sudarymo ir išteklių paskirstymo klausimus, dažniausiai taikomas daugiatikslis optimizavimas, kuris leidžia rasti kompromisą tarp kelių vienas kitam prieštaraujančių kriterijų.
  - 4.2. Trys modelyje pasirinkti kriterijai leidžia sprendimų priėmėjams nuspręsti dėl optimalaus portfelio, atsižvelgiant į tai, kam jie teikia pirmenybę grąžos, rizikos ir darnumo atžvilgiu, t. y. suteikia galimybę sprendimų priėmėjui nuspręsti kokius projektus finansuoti: ar tuos, kuriais užtikrinama didžiausia portfelio darnumo vertė, ar tuos, kuriais užtikrinama didžiausia portfelio grąža ir priimtinas portfelio darnumo lygis. Tokiu atveju modelis yra labiau tinkamas sprendimų priėmėjų individualiam ir subjektyviam pasirinkimui išreikšti.
  - 4.3. Pasiūlytas finansinių išteklių paskirstymo modelis, padarius tam tikrų pakeitimų (t. y. sudėtinį projekto darnumo indeksą, skirtą vertinti statybos projekto darnumo lygį, pakeitus kitu indeksu, skirtu vertinti kito ekonomikos sektoriaus projekto darnumo lygį), galėtų būti taikomas paskirstant finansinius išteklius projektus įgyvendinančiose įmonėse, veikiančiose įvairiuose ekonomikos sektoriuose.
5. Finansinių išteklių paskirstymo modelio testavimas įmonėje leido patikrinti šio modelio pritaikomumą ir suteikė informacijos apie darnumo poveikį projektų portfelio finansiniam rezultatui. Siūlomas modelis buvo pritaikytas statybos įmonėje. Efektyvūs projektų portfeliai buvo rasti naudojant atvirąją statistinio skaičiavimo aplinką. Tyrimas atskleidė, kad tarp darnumo ir portfelio grąžos yra statistiškai reikšminga stipri tiesinė koreliacija (koreliacijos koeficientas  $-0,743$ ). Tyrimo rezultatai taip pat parodė, kad darnumo integravimas į modelį turi įtakos ne tik portfelio grąžai ir rizikai, bet ir portfelio struktūrai.

---

## Literatūra ir šaltiniai

Aboulaich, R.; Ellaia, R.; El Moumen, S. 2010. The mean-variance-CVaR model for portfolio optimization modeling using a multi-objective approach based on a hybrid method, *Mathematical Modelling of Natural Phenomena* 5(07): 103–108.

Adnan, H.; Hashim, N.; Marhani, M. A.; Johari, M. A. Y. 2013. Project Management Success for Contractors, In *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology* 74: 425–429.

Al-Kildar, H.; Davis, S.; Kutay, C.; Killen, C. P. 2011. Towards Project Portfolio Management for Sustainable Outcomes in the Construction Industry, In *PMOZ 8th Annual Project Management Australia Conference*. Project Management Australia.

Allen, B. 1991. Choosing R&D projects: an informational approach, *American Economic Review* 81(2): 257–261.

Almahmoud, E.; Doloi, H. K. 2015. Assessment of social sustainability in construction projects using social network analysis, *Facilities* 33(3/4): 152–176.

Almeida, A. T. D.; Duarte, M. 2011. A multi-criteria decision model for selecting project portfolio with consideration being given to a new concept for synergies, *Pesquisa Operacional* 31(2): 301–318.

Amiri, M. P. 2010. Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods, *Expert Systems with Applications* 37(9): 6218–6224.

Anagnostopoulos, K. P.; Mamanis, G. 2010. A portfolio optimization model with three objectives and discrete variables. *Computers & Operations Research* 37(7): 1285–1297.

Anagnostopoulos, K. P.; Mamanis, G. 2011. The mean–variance cardinality constrained portfolio optimization problem: An experimental evaluation of five multiobjective evolutionary algorithms, *Expert Systems with Applications* 38(11): 14208–14217.

Anavi-Isakow, S.; Golany, B. 2003. Managing Multi-Project Environment through Constant Work-in-Process, *International Journal of Project Management* 21(1): 9–18.

Andriušaitienė, D.; Ginevičienė, V. B.; Šileika, A. 2008. Daugiakriterinis profesinio mokymo kokybės valdymo vertinimo modelis, *Verslas: teorija ir praktika* 9(2): 88–96.

Antuchevičienė, J.; Zakarevičius, A.; Zavadskas, E. K. 2011. Measuring congruence of ranking results applying particular MCDM methods, *Informatica* 22(3): 319–338.

Aouni, B.; Colapinto, C.; La Torre, D. 2014. Financial portfolio management through the goal programming model: Current state-of-the-art, *European Journal of Operational Research* 234(2): 536–545.

Arasteh, A.; Aliahmadi, A.; Omran, M. M. 2014. A Multi-stage Multi Criteria Model for Portfolio Management, *Arabian Journal for Science and Engineering* 39(5): 4269–4283.

Archer, N. P.; Ghasemzadeh, F. 1999. An Integrated framework for project portfolio selection, *International Journal of Project Management* 17(4): 207–216.

Asher, D. T. 1962. A linear programming model for the allocation of R and D efforts, *IRE Transactions on Engineering Management* 9(4): 154–157.

Asosheh, A.; Nalchigar, S.; Jamporazmey, M. 2010. Information technology project evaluation: An integrated data envelopment analysis and balanced scorecard approach, *Expert Systems with Applications* 37(8): 5931–5938.

Association for Project Management. 2006. *APM Supports Sustainability Outlooks*, New York: APM.

Association for Project Management (APM) 2010. Body of Knowledge – Definitions, 5<sup>th</sup> ed.

Bai, L.; Dow III, B.; Newsom, P. 2008. The Case of Simulating the Choices of Money Mangers by Applying Modern Portfolio Theory Using Real Stock Price Data, *Journal of Economics and Economic Education Research* 9(3): 67–116.

Bai, S.; Li, S.; Feng, R.; Guo, Y. 2010. Organizational project selection based on fuzzy multi-index evaluation and bp neural network, In *Management and Service Science (MASS), 2010 International Conference on. IEEE*: 1–5.

Baixaui-Soler, J. S.; Alfaro-Cid, E.; Fernández-Blanco, M. O. 2010. Several risk measures in portfolio selection: Is it worthwhile?, *Spanish Journal of Finance and Accounting/Revista Española de Financiación y Contabilidad* 39(147): 421–444.

Baležentis, A.; Štreimikienė, D. 2013. Integrated sustainability index: the case study of Lithuania, *Intelektinė ekonomika* 7 (3): 289–303.

- Ballester, E.; Bravo, M.; Pérez-Gladish, B.; Arenas-Parra, M.; Plà-Santamaria, D. 2012. Socially responsible investment: A multicriteria approach to portfolio selection combining ethical and financial objectives, *European Journal of Operational Research* 216(2): 487–494.
- Basso, A.; Peccati, L. A. 2001. Optimal resource allocation with minimum activation levels and fixed costs, *European Journal of Operational Research* 131(3): 536–549.
- Bebbington, J.; Brown, J.; Frame, B. 2007. Accounting technologies and sustainability assessment models, *Ecological Economics* 61(2): 224–236.
- Benaija, K.; Kjiri, L. 2015. Project portfolio selection: Multi-criteria analysis and interactions between projects, *International Journal of Computer Science Issues* 11(6): 134–143.
- Benko, C.; McFarlan, F. W. 2003. *Connecting the dots: Aligning projects with objectives in unpredictable times*. Harvard Business Press.
- Bernhard, R. H. 1969. Mathematical programming models for capital budgeting: A survey, generalization, and critique, *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 4(2): 111–158.
- Bernolder, E.; Stix, V. 2007. A Method Using Weight Restrictions in Data Envelopment Analysis for Ranking and Validity Issues in Decision Making, *Computers & Operations Research* 34: 2637–2647.
- Bertolini, M.; Braglia, M.; Carmignani, G. 2006. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract, *International Journal of Project Management* 24(5): 422–430.
- Bhattacharyya, R.; Kar, S. 2011. Multi – objective fuzzy optimization for portfolio selection: an embedding theorem approach, *Turkish Journal of Fuzzy Systems* 2(1): 14–35.
- Bilbao-Terol, A.; Arenas-Parra, M.; Cañal-Fernández, V. 2012a. Selection of socially responsible portfolios using goal programming and fuzzy technology, *Information Sciences* 189: 110–125.
- Bilbao-Terol, A.; Arenas-Parra, M.; Cañal-Fernández, V. 2012b. A fuzzy multi-objective approach for sustainable investments, *Expert Systems with Applications* 39(12): 10904–10915.
- Bilbao-Terol, A.; Arenas-Parra, M.; Cañal-Fernández, V.; Bilbao-Terol, C. 2013. Selection of socially responsible portfolios using hedonic prices, *Journal of Business Ethics* 115(3): 515–529.
- Bilbao-Terol, A.; Arenas-Parra, M.; Cañal-Fernández, V. 2016. A model based on Copula Theory for sustainable and social responsible investments, *Spanish Accounting Review* 19(1): 55–76.
- Bilbao-Terol, A.; Arenas-Parra, M.; Cañal-Fernández, V.; Bilbao-Terol, C. 2015. Multi-criteria decision making for choosing socially responsible investment within a behavioral portfolio theory framework: a new way of investing into a crisis environment, *Annals of Operations Research*: 1–32.

Bistrova, J.; Lace, N.; Tvaronavičienė, M. 2014. Corporate governance as a crucial factor in achieving sustainable corporate performance, *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics* 3: 82–90.

Blishfeldt, B. S.; Eskerod, P. 2008. Project portfolio management - There's more to it than what management enacts, *International Journal of Project Management* 26: 357–365.

Boasson, V.; Boasson, E.; Zhou, Z. 2011. Portfolio optimization in a mean-semivariance framework, *Investment Management and Financial Innovations* 8(3): 58–68.

Boggia, A.; Cortina, C. 2010. Measuring sustainable development using a multi-criteria model: A case study, *Journal of Environmental Management* 91(11): 2301–2306.

Böhringer, C.; Jochem, P. 2007. Measuring the immeasurable. A survey of sustainability indices, *Ecological Economics* 63: 1–8.

Bonham, S. 2005. *IT Project Portfolio Management*. Artech House INC.

Bond, A.; Morrison-Saunders, A.; Pope, J. 2012. Sustainability assessment: the state of the art, *Impact Assessment and Project Appraisal* 30(1) : 53–62.

Brook, J. W.; Pagnanelli, F. 2014. Integrating sustainability into innovation project portfolio management – A strategic perspective, *Journal of Engineering and Technology Management* 34: 46–62.

Brundtland, G. H. 1987. *Report of the World Commission on environment and development: "Our common future"*. United Nations.

Burke, R. 2013. *Project management: planning and control techniques*. New Jersey, USA.

Büyükožkan, G.; Öztürkcan, D. 2010. An integrated analytic approach for Six Sigma project selection, *Expert Systems with Applications* 37(8): 5835–5847.

Bynum, P.; Issa, R. R.; Olbina, S. 2012. Building information modeling in support of sustainable design and construction, *Journal of Construction Engineering and Management* 139(1): 24–34.

Cabello, J. M.; Ruiz, F.; Pérez-Gladish, B.; Méndez-Rodríguez, P. 2014. Synthetic indicators of mutual funds' environmental responsibility: An application of the Reference Point Method, *European Journal of Operational Research* 236(1): 31–325.

Calvo, C.; Ivorra, C.; Liern, V. 2014. Fuzzy portfolio selection with non-financial goals: exploring the efficient frontier, *Annals of Operations Research* 1: 1-16.

Calvo, C.; Ivorra, C.; Liern, V. 2015. Finding socially responsible portfolios close to conventional ones, *International Review of Financial Analysis* 40: 52–63.

Campbell, J. Y.; Viceira, L. M. 2004. *Strategic asset allocation: portfolio choice for long-term investors*. Oxford University Press.



- Cáñez, L.; Garfias, M. 2006. Portfolio management at the Mexican petroleum institute, *Research-Technology Management* 49(4): 46–55.
- Carazo, A. F.; Gómez, T.; Molina, J.; Hernández-Díaz, A. G.; Guerrero, F. M.; Caballero, R. 2010. Solving a comprehensive model for multiobjective project portfolio selection, *Computers & Operations Research* 37(4): 630–639.
- Chakraborty, S. 2011. Applications of the MOORA method for decision making in manufacturing environment, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 54(9-12): 1155–1166.
- Chang, P. T.; Lee, J. H. 2012. A fuzzy DEA and knapsack formulation integrated model for project selection, *Computers & Operations Research* 39(1): 112–125.
- Chen, J.; Askin, R. G. 2009. Project selection, scheduling and resource allocation with time dependent returns, *European Journal of Operational Research* 193(1): 23–34.
- Chen, C. T.; Cheng, H. L. 2009. A comprehensive model for selecting information system project under fuzzy environment, *International Journal of Project Management* 27(4): 389–399.
- Chen, Y.; Okudan, G. E.; Riley, D. R. 2010. Sustainable performance criteria for construction method selection in concrete buildings, *Automation in Construction* 19: 235–244.
- Cherchye, L. 2007. An Introduction to “benefit of the doubt” composite indicators, *Social Indicators Research* 82: 111–145.
- Ciemleja, G.; Lace, N. 2015. The Sustainable Performance of Small and Medium-Sized Enterprise: Case from Latvia, In *The 5th World Sustainability Forum*: 7–9.
- Cinelli, M.; Coles, S. R.; Kirwan, K. 2014. Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment, *Ecological Indicators* 46: 138–148.
- Coate, M. B. 1983. Pitfalls in portfolio planning, *Long Range Planning* 16(3): 47–56.
- Coenen, L.; Benneworth, P.; Truffer, B. 2012. Toward a spatial perspective on sustainability transitions, *Research Policy* 41(6): 968–979.
- Coffin, M. D.; Taylor, B. W. 1996. R&D project selection and scheduling with a filtered beam search approach, *IIE Transactions* 28 (2): 167–176.
- Costa, H. R.; de O Barros, M.; Travassos, G. H. 2005. A risk based economical approach for evaluating software project portfolios, *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes* 30(4): 1–5.
- Costantino, F.; Di Gravio, G.; Nonino, F. 2015. Project selection in project portfolio management: An artificial neural network model based on critical success factors, *International Journal of Project Management* 33(8): 1744–1754.
- Cooper, R. G. 1981. An empirically derived new product project selection model, *IEEE Transactions on Engineering Management* 28(3): 54–61.

- Cooper, R.; Edgett, S.; Kleinschmidt, E. 1997. Portfolio management in new product development: lessons from the leaders, *Research Technology Management* 40(5): 16–28.
- Cruz, L.; Fernandez, E.; Gomez, C.; Rivera, G.; Perez, F. 2014. Many-objective portfolio optimization of interdependent projects with ‘a priori’ incorporation of decision-maker preferences, *Applied Mathematics* 8(4): 1517–1531.
- Cruz, J. M.; Wakolbinger, T. 2008. Multiperiod effects of corporate social responsibility on supply chain networks, transaction costs, emissions, and risk, *International Journal of Production Economics* 116(1): 61–74.
- Čiegis R.; Čiegis, R.; Jasinskas, E. 2005. Concepts of Strong Comparability and Commensurability Versus Concepts of Strong and Weak Sustainability, *Engineering Economics* 45(5): 36–42.
- Čiegis, R.; Ramanauskienė, J. 2011. Integruotas darnaus vystymosi vertinimas: Lietuvos atvejis, *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development* 2(26): 39–50.
- Čiutienė, R.; Neverauskas; B. 2011. The theoretical substation of the desining progressive project portfolio, *Economics and Management* 16: 710–716.
- Dahl, A. L. 2012. Achievements and gaps in indicators for sustainability, *Ecological Indicators* 17: 14–19.
- Danciu, V. 2013. The sustainable company: new challenges and strategies for more sustainability, *Theoretical and Applied Economics* 9(586): 7–26.
- Daneshpour, H. 2015. Integrating Sustainability into Management of Project, *International Journal of Environmental Science and Development* 6(4): 321–325.
- Davidson, K., 2011. Reporting systems for sustainability: what are they measuring?, *Social indicators research* 100(2): 351–365.
- Dentcheva, D.; Ruszczyński, A. 2006. Portfolio optimization with stochastic dominance constraints, *Journal of Banking & Finance* 30(2): 433–451.
- Dey, P. K. 2006. Integrated project evaluation and selection using multiple-attribute decision-making technique, *International Journal of Production Economics* 103(1): 90–103.
- Dinesh Kumar, U.; Saranga, H.; Ramírez-Márquez, J. E.; Nowicki, D. 2007. Six sigma project selection using data envelopment analysis, *The TQM Magazine* 19(5): 419–441.
- Ding, G. K. C. 2008. Sustainable construction—The role of environmental assessment tools, *Journal of Environmental Management* 86: 451–464.
- Diwekar, U. 2008. *Introduction to applied optimization* (22). Springer Science & Business Media.
- Dorfleitner, G.; Leidl, M.; Reeder, J. 2012. Theory of social returns in portfolio choice with application to microfinance, *Journal of Asset Management* 13(6): 384–400.

Dorflleitner, G.; Utz, S. 2012. Safety first portfolio choice based on financial and sustainability returns, *European Journal of Operational Research* 221(1): 155–164.

Drut, B. 2010. Social responsibility and mean-variance portfolio selection, *Working papers CEB* 10: 1–36.

Dutra, C. C.; Ribeiro, J. L. D.; de Carvalho, M. M. 2014. An economic–probabilistic model for project selection and prioritization, *International Journal of Project Management* 32(6): 1042–1055.

Ebbesen, J. B.; Hope, A. 2013. Re-imagining the iron triangle: embedding sustainability into project constraints, *PM World Journal* 2(3): 1–13.

Edum-Fotwe, F.; Price, A. 2009. A social ontology for appraising sustainability of construction projects and developments, *International Journal of Project Management* 27: 313–322.

Eilat, H.; Golany, B.; Shtub, A. 2008. R&D project evaluation: An integrated DEA and balanced scorecard approach, *Omega* 36(5): 895–912.

Elkington, J. 1997. *Cannibals with Forks: the Triple Bottom Line of 21<sup>st</sup> Century Business*. Oxford: Capstone Publishing.

Estrada, J. 2008. Mean-semivariance optimization: A heuristic approach, *Journal of Applied Finance (Formerly Financial Practice and Education)* 18(1): 57–72.

Europos Komisija. 2010. *Komisijos komunikatas 2020 m. Europa, Pažangaus, Tvaraus ir integracinio augimo strategija*, European Commission: Brussels, Belgium.

Fabozzi, F. J.; Gupta, F.; Markowitz, H. 2002. The legacy of modern portfolio theory, *The Journal of Investing* 11(3): 7–22.

Fang, Y.; Chen, L.; Fukushima, M. 2008. A mixed R&D projects and securities portfolio selection model, *European Journal of Operational Research* 185(2): 700–715.

Feng, J.; Zhang, X.; Liu, Zh.; Li, H. 2011. Research on the Project Portfolio Technology Based on Functional Objective, *iBusiness* 3: 130–135.

Fernández-Sánchez, G.; Rodríguez-López, F. 2010. A methodology to identify sustainability indicators in construction project management – Application to infrastructure projects in Spain, *Ecological Indicators* 10(6): 1193–1201.

Fiksel, J.; McDaniel, J.; Mendenhall, C. 1999. Measuring progress towards sustainability principles, process, and best practices, *In Greening of Industry Network Conference Best Practice Proceedings* 19: 1–25.

Filatovas, E. 2012. *Daugiakriterinių optimizavimo uždavinių sprendimas interaktyviuoju būdu*. Daktaro disertacija, Vilniaus Universitetas (VU).

Franco, L. A.; Lord, E. 2011. Understanding multi-methodology: evaluating the perceived impact of mixing methods for group budgetary decisions, *Omega* 39(3): 362–372.

Galbreath, J. 2009. Addressing sustainability: a strategy development framework, *International Journal of Sustainable Strategic Management* 1(3): 303–319.

Gallopín, G. C. 1996. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A systems approach, *Environmental Modeling & Assessment* 1(3): 101–117.

Gareis, R.; Heumann, M.; Martinuzzi, A. 2009. Relating sustainable development and project management, *In Proceedings of the IRNOP IX*, Berlin, Germany, 11–13 October 2009.

Gasser, S. M.; Kremser, T. R.; Rammerstorfer, M.; Weinmayer, K. 2014. Markowitz Revisited Social Portfolio Engineering, *In 27th Australasian Finance and Banking Conference*: 1–41.

Giambona, F.; Vassallo, E. 2014. Composite indicator of social inclusion for European countries, *Social Indicators Research* 116(1): 269–293.

Gimenez, C.; Sierra, V.; Rodon, J. 2012. Sustainable operations: Their impact on the triple bottom line, *International Journal of Production Economics* 140(1): 149–159.

Ginevičius, R.; Podvezko, V. 2005. Daugiakriterinio vertinimo rodiklių sistemos formavimas, *Verslas: teorija ir praktika* 6(4): 199–207.

Ginevicius, R.; Podvezko, V. 2007. Some problems of evaluating multicriteria decision methods, *International Journal of Management and Decision Making* 8(5-6): 527–539.

Ginevičius, R.; Podvezko, V. 2008. Daugiakriterinio vertinimo būdų suderinamumas, *Verslas: teorija ir praktika* 9: 73–80.

Girotra, K.; Netessine, S. 2013. Om forum-business model innovation for sustainability, *Manufacturing & Service Operations Management*, 15(4): 537–544.

Global Precipitation Measurement (GPM) Global. 2014. *The GPM Global P5 Standard for Sustainability in Project Management*; GPM Global: Detroit, MI, USA: 1–29.

Grünig, R.; Kühn, R. 2015. Portfolio Analysis, in *The Strategy Planning Process*, Springer Berlin Heidelberg: 111–136.

Gueri, A. F.; Cengiz, M.; Seker, S. 2009. A fuzzy ANP approach to shipyard location selection, *Expert Systems with Applications* 36(4): 7992–7999.

Guo, P.; Liang, J. J.; Zhu, Y. M.; Hu, J. F. 2008. R&D project portfolio selection model analysis within project interdependencies context, *In Industrial Engineering and Engineering Management, 2008. IEEM 2008. IEEE International Conference on*. IEEE: 994–998

Gustafsson, J.; Salo, A. 2005. Contingent portfolio programming for the management of risky projects, *Operations Research* 53(6): 946–956.

Gutiérrez, M. 2014. Applying PRiSM Methodology in the Canadian Construction Sector, *PM World Journal* 3: 1–10.

Gutjahr, W.; Katzensteiner, S.; Reiter, P.; Stummer, C.; Denk, M. 2010. Multiobjective decision analysis for competence-oriented project portfolio selection, *European Journal of Operational Research* 205: 670–679.

Gutjahr, W. J.; Froeschl, K. A. 2013. Project portfolio selection under uncertainty with outsourcing opportunities, *Flexible Services and Manufacturing Journal* 25(1-2): 255–281.

Hadi, A. S.; El Naggat, A. A.; Bary, M. N. A. 2016. New Model and Method for Portfolios Selection, *Applied Mathematical Sciences* 10(6): 263–288.

Hak, T.; Kovanda, J.; Weinzettel, J. 2012. A method to assess the relevance of sustainability indicators: Application to the indicator set of the Czech Republic's Sustainable Development Strategy, *Ecological Indicators* 17: 46–57.

Hall, D.; Nauda, A. 1990. An interactive approach for selecting IR&D projects, *IEEE Transactions on Engineering Management* 37(2): 126–133.

Hallerbach, W.; Ning, H.; Soppe, A.; Spronk, J. 2004. A framework for managing a portfolio of socially responsible investments, *European Journal of Operational Research* 153(2): 517–529.

Halouani, N.; Chabchoub, H.; Martel, J. M. 2009. PROMETHEE-MD-2T method for project selection, *European Journal of Operational Research* 195(3): 841–849.

Hansen, K. F.; Weiss, M. A.; Kwak, S. 1999. Allocating R&D resources: a quantitative aid to management insight, *Research Technology Management* 42(4): 44–50.

Hatefi, S. M.; Torabi, S. A. 2010. A common weight MCDA-DEA approach to construct composite indicators, *Ecological Economics* 70: 114–120.

Haugen, R. A. 2001. *Modern investment theory*. 5<sup>th</sup> edition. Prentice Hall.

Heidenberger, K. 1996. Dynamic project selection and funding under risk: a decision tree based MILP approach, *European Journal of Operational Research* 95(2): 284–298.

Heidenberger, K.; Stummer, C. 1999. Research and development project selection and resource allocation: a review of quantitative modelling approaches, *International Journal of Management Reviews* 1(2): 197–224.

Heising, W. 2012. The integration of ideation and project portfolio management – A key factor for sustainable success, *International Journal of Project Management* 30(5): 582–595.

Hendriks, M.H.A.; Voeten, B.; Kroep, I. 1999. Human resource allocation in a multi-project R&D environment. Resource capacity allocation and project portfolio planning in practice, *International Journal of Project Management* 17(3): 181–188.

Henriksen, A.; Traynor, A. 1999. A practical R&D project selection scoring tool, *IEEE Transactions on Engineering Management* 46(2): 158–170.

Henriksen, B.; Christian Røstad, C. 2010. Evaluating and prioritizing projects-setting targets: The business effect evaluation methodology (BEEM), *International Journal of Managing Projects in Business* 3(2): 275–291.

Hesampour, A.; Nikbakht, M.; Shirouyehzad, H. 2016. A Method for Ranking, Assessment and Evaluation of Sustainability Factors in Project, *Journal of Modern Processes in Manufacturing and Production* 5(1): 29–44.

- Hezri, A. A.; Dovers, S. R. 2006. Sustainability indicators, policy and governance: Issues for ecological economics, *Ecological Economics* 60(1): 86–99.
- Higham, A. P.; Fortune, C.; Boothman, J. C. 2016. Sustainability and investment appraisal for housing regeneration projects, *Structural Survey* 34(2): 150–167.
- Hoffmann, J.; Rollwagen, I.; Schneider, S. 2007. Deutschland im Jahr 2020, *Deutsche Bank Research*: 1–68.
- Hope, A. J.; Moehler, R. 2014. Balancing projects with society and the environment: A project, programme and portfolio approach, *In Procedia – Social and Behavioral Sciences* 119: 358–367.
- Huang, X. 2006. Credibility-based chance-constrained integer programming models for capital budgeting with fuzzy parameters, *Information Sciences* 176(18): 2698–2712.
- Huang, X.; Zhao, T. 2014. Project selection and scheduling with uncertain net income and investment cost, *Applied Mathematics and Computation* 247: 61–71.
- Huang, C. Y.; Chiou, C. C.; Wu, T. H.; Yang, S. C. 2015. An integrated DEA-MODM methodology for portfolio optimization, *Operational Research* 15(1): 115–136.
- Hwang, C. L.; Yoon, K. 1981. *Multiple Attribute Decision Making – Methods and Applications. A State of the Art Survey*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Iamratanakul, S.; Patanakul, P.; Milosevic, D. 2008. Project portfolio selection: From past to present, *Proceedings of the 2008 IEEE ICMIT*, 287–292.
- Iamratanakul, S.; Shankar, R.; Dimmitt, N. J. 2009. Improving project portfolio management with strategic alignment, *in Management of Engineering & Technology, 2009. PICMET 2009. Portland International Conference*: 1290–1300.
- Jackson, B. 1983. Decision methods for selecting a portfolio of R&D projects, *Research Management* 26(5): 21–26.
- Jafarizadeh, B.; Khorshid-Doust, R. R. 2008. A method of project selection based on capital asset pricing theories in a framework of mean–semideviation behavior, *International Journal of Project Management* 26(6): 612–619.
- Jana, P.; Roy, T. K.; Mazumder, S. K. 2009. Multi-objective possibilistic model for portfolio selection with transaction cost, *Journal of Computational and Applied Mathematics* 228(1): 188–196.
- Johnson, N.; Creasy, T.; Fan, Y. 2016. Recent Trends in Theory Use and Application within the Project Management Discipline, *Journal of Engineering, Project & Production Management* 6(1): 25–52.
- Junkus, J.; Berry, T. D. 2015. Socially responsible investing: a review of the critical issues, *Managerial Finance* 41(11): 1176–1201.
- Kaiser, M. G.; El Arbi, F.; Ahlemann, F. 2015. Successful project portfolio management beyond project selection techniques: Understanding the role of structural alignment, *International Journal of Project Management* 33(1): 126–139.

Kaklauskas, A.; Rute, J.; Zavadskas, E. K.; Daniunas, A.; Pruskus, V.; Bivainis, J.; Plakys, V. 2012. Passive House model for quantitative and qualitative analyses and its intelligent system, *Energy and Buildings* 50: 7–18.

Kanapeckiene, L.; Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K.; Raslanas, S. 2011. Method and system for multi-attribute market value assessment in analysis of construction and retrofit projects, *Expert Systems with Applications* 38(11): 14196–14207.

Karsu, Ö.; Morton, A. 2014. Incorporating balance concerns in resource allocation decisions: a bi-criteria modelling approach, *Omega* 44: 70–82.

Keeney, S.; Hasson, F.; McKenna, H. 2006. Consulting the oracle: ten lessons from using the Delphi technique in nursing research, *Journal of Advanced Nursing* 53(2): 205–212.

Kemmler, A.; Spreng, D. 2006. Energy indicators for tracking sustainability in developing countries, *Energy Policy* 35: 2466–2480.

Khalili-Damghani, K.; Tavana, M. 2014. A comprehensive framework for sustainable project portfolio selection based on structural equation modeling, *Project Management Journal* 45(2): 83–97.

Kibert, C. J. 2008. *Sustainable construction: green building design and delivery*, John Wiley & Sons.

Kildienė, S. 2014. *Tvários statybos technologijų plėtros daugiapakopis vertinimas*. Daktaro disertacija, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Killen, C. P.; Hunt, R. A. 2013. Robust project portfolio management: capability evolution and maturity, *International Journal of Managing Projects in Business* 6(1): 131–151.

Kleinmuntz, D. N. 2007. *Resource Allocation Decision*. In: Edwards, W., Miles, R. F., Jr., von Winterfeldt, D. (Eds). *Advances in Decision Analysis: from Foundations to Applications*. Cambridge University Press, New York: 400–418.

Kocmanova, A.; Šimberova, I. 2013. Multidimensional Modelling of Social Performance Indicators in Processing Industry Companies in the Czech Republic, *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences* 5: 500–507.

Kumar, M.; Antony, J.; Rae Cho, B. 2009. Project selection and its impact on the successful deployment of Six Sigma, *Business Process Management Journal* 15(5): 669–686.

Labuschagne, C.; Brent, A. C. 2005. Sustainable project life cycles in the manufacturing sector, *International Journal of Project Management* 23: 159–168.

Lančinskas, A. 2013. *Atsitiktinės paieškos globaliojo optimizavimo algoritmu lygiagretinimas*. Daktaro disertacija, Vilnius University (VU).

Lapinskaitė, I. 2013. *Optimalus investicijų paskirstymas darniam įmonės vystymuisi*. Daktaro disertacija, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Lawson, C. P.; Longhurst, P. J.; Ivey, P. C. 2006. The application of a new research and development project selection model in SMEs, *Technovation* 26(2): 242–250.

Lazauskas M. 2015. *Statybos projektų darnos vertinimo kompleksinis modelis*. Doktoro disertacija, Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas (VGTU).

Lee, J. W.; Kim, S. H. 2000. Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection, *Computers & Operations Research* 27: 367–382.

Lee, C. W.; Zhong, J. 2015. Construction of a responsible investment composite index for renewable energy industry, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 51: 288–303.

Levine, H. A.; Wideman, M. 2005. *Project portfolio management: a practical guide to selecting projects*. Managing Portfolios and Maximising Benefits, Jossey & Bass, San Francisco.

Li, X.; Fang, S. C. Guo, X.; Deng, Z.; Qi, J. 2015. An extended model for project portfolio selection with project divisibility and interdependency, *Journal of Systems Science and Systems Engineering* 25(1): 119–138.

Liang, C.; Li, Q. 2008. Enterprise information system project selection with regard to BOCR, *International Journal of Project Management* 26(8): 810–820.

Libby, R.; Blashfield, R. K. 1978. Performance of a composite as a function of the number of judges, *Organizational Behavior and Human Performance* 21(2): 121–129.

Liesiö, J.; Mild, P.; Salo, A. 2008. Robust portfolio modeling with incomplete cost information and project interdependencies, *European Journal of Operational Research* 190(3): 679–695.

Lindsey, G. 2001. The Holy Grail of Sustainable Development: Blueways in Viet Nam and Greenways in Indianapolis, *Perspectives*, Office of the Dean, SPEA, Indiana University, Bloomington IN.

Liou, J. J.; Tzeng, G. H. 2012. Comments on “Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview”, *Technological and Economic Development of Economy* 18(4): 672–695.

Litvinchev, I. S.; López, F.; Alvarez, A.; Fernández, E. 2010. Large-scale public R&D portfolio selection by maximizing a biobjective impact measure, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part A: Systems and Humans* 40(3): 572–582.

Litvinchev, I.; López, F.; Escalante, H. J.; Mata, M. 2011. A milp bi-objective model for static portfolio selection of R&D projects with synergies, *Journal of Computer and Systems Sciences International* 50(6): 942–952.

Litvinchev, I.; Lopez-Irarragorri, F.; Arratia-Martínez, N. M.; Marmolejo, J. A. 2014. *Selecting Large Portfolios of Social Projects in Public Organizations*, Mathematical Problems in Engineering.



- Lockett, A. G.; Gear, A. E. 1975. Multistage Capital Budgeting Under Uncertainty, *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 10(1): 21–36.
- Lozano, R. 2008. Envisioning sustainability three-dimensionally, *Journal of Cleaner Production* 16(17): 1838–1846.
- Madic, B.; Trujic, V.; Mihajlovic, I. 2011. Project portfolio management implementation review, *African Journal of Business Management* 5(2): 240–248.
- Mahmoodzadeh, S.; Shahrabi, J.; Pariazar, M.; Zaeri, M. S. 2007. Project selection by using fuzzy AHP and TOPSIS technique, *World Academy of Science, Engineering and Technology* 30: 333–338.
- Mainali, B.; Silveira, S. 2015. Using a sustainability index to assess energy technologies for rural electrification, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41: 1351–1365.
- Maknickienė, N. 2015. *Paramos sistema investuotojui valiutų rinkoje*. Daktaro disertacija, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).
- Malzman, R.; Shirley, D. 2012. *Green project management*. CRC Press.
- Mangram, E. M. 2013. A Simplified Perspective of the Markowitz Portfolio Theory, *Global Journal of Business Research* 7(1): 59–70.
- Mansini, R.; Ogryczak, W.; Speranza, M. G. 2014. Twenty years of linear programming based portfolio optimization, *European Journal of Operational Research* 234(2): 518–535.
- Manzini, F.; Islas, J.; Macias, P. 2011. Model for evaluating the environmental sustainability of energy projects, *Technological Forecasting & Social Change* 78: 931–944.
- Marcelino-Sádaba, S.; González-Jaen, L. F.; Pérez-Ezcurdia, A. 2015. Using project management as a way to sustainability. From a comprehensive review to a framework definition, *Journal of Cleaner Production* 99: 1–16.
- Mardani, A.; Jusoh, A.; MD Nor, K.; Khalifah, Z.; Zakwan, N.; Valipour, A. 2015. Multiple criteria decision-making techniques and their applications – a review of the literature from 2000 to 2014, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja* 28(1): 516–571.
- Markowitz, H. 1952. Portfolio selection, *The Journal of Finance* 7(1): 77–91.
- Markowitz, H. 1959. *Portfolio selection*. New Haven, Connecticut: Yale University Press.
- Markowitz, H. M.; Todd, G. P.; Sharpe, W. F. 2000. *Mean-variance analysis in portfolio choice and capital markets*, John Wiley & Sons.
- Martens, M. L.; Carvalho, M. M. 2013. An exploratory study of sustainability evaluation in Project management, *Product: Management and Development* 11(2): 111–117.
- Martens, M. L.; Carvalho, M. M. 2016. Key factors of sustainability in project management context: A survey exploring the project managers' perspective, *International Journal of Project Management* xx: xx–xx.

Martinez-Alier, J.; Munda, G.; O'Neill, J. 1998. Weak comparability of values as a foundation for ecological economics, *Ecological Economics* 26(3): 277–286.

Martins, N. O. 2013. The place of the capability approach within sustainability economics, *Ecological Economics* 95: 226–230.

Martino, J. P. 2003. „Project Selection“ in *Project management toolbox: tools and techniques for the practicing project manager*, D. Milosevic, Ed. New Jersey: John Wiley & Sons: 53–64.

Martinsuo, M.; Poskela, J. 2011. Use of evaluation criteria and innovation performance in the front end of innovation, *Journal of Product Innovation Management* 28(6): 896–914.

Mashayekhi, Z.; Omrani, H. 2016. An integrated multi-objective Markowitz–DEA cross-efficiency model with fuzzy returns for portfolio selection problem, *Applied Soft Computing* 38: 1–9.

Mavrotas, G.; Diakoulaki, D.; Kourentzis, A. 2008. Selection among ranked projects under segmentation, policy and logical constraints, *European Journal of Operational Research* 187(1): 177–192.

McFarlan, F. W. 1981. Portfolio Approach to Information Systems, *Harvard Business Review* 59(5): 142–150.

McKinley, M. 2008. Where Is Project Management Running to...? International Project Management Association, In *22nd World Congress, Rome*.

Medaglia, A. L.; Graves, S. B.; Ringuest, J. L. 2007. A multiobjective evolutionary approach for linearly constrained project selection under uncertainty, *European Journal of Operational Research* 179(3): 869–894.

Meggison, W. 1996. A historical overview of research of finance, *Journal of Finance* 39(2): 323–346.

Mendoza, G. A.; Prabhu, R. 2000. Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: a case study, *Forest Ecology and Management* 131(1): 107–126.

Meredith, J. R.; Mantel Jr, S. J. 2011. *Project management: a managerial approach*. John Wiley & Sons.

Meskendahl, S. 2010. The influence of business strategy on project portfolio management and its success – A conceptual framework, *International Journal of Project Management* 28: 807–817.

Mikalauskienė, A. 2014. *Darnaus vystymosi paradigma ir jos raida*. Darnus vystymasis: teorija ir praktika. Vilniaus universitetas, 2014.

Milosevic, D. Z.; Srivannaboon, S. 2006. A theoretical framework for aligning project management with business strategy, *Project Management Journal* 37(3): 98–110.

Miettinen, K. 2012. *Nonlinear multiobjective optimization* (12). Springer Science & Business Media.

- Mohagheghi, V.; Mousavi, S. M.; Vahdani, B. 2015. A New Optimization Model for Project Portfolio Selection Under Interval-Valued Fuzzy Environment., *Arabian Journal for Science and Engineering* 40(11): 3351–3361.
- Moldan, B.; Janoušková, S.; Hák, T. 2012. How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets, *Ecological Indicators* 17: 4–13.
- Montibeller, G.; Franco, L. A.; Lord, E.; Iglesias, A. 2009. Structuring resource allocation decisions: A framework for building multi-criteria portfolio models with area-grouped options, *European Journal of Operational Research* 199: 846–856.
- Morales, D.; Almeida, F.; García, F.; Roda, J. L.; Rodríguez, C. 2000. Design of parallel algorithms for the single resource allocation problem, *European Journal of Operational Research* 126(1): 166–174.
- Morcos, M. S. 2008. Modelling resource allocation of R&D project portfolios using a multi-criteria decision-making methodology, *International Journal of Quality & Reliability Management* 25(1): 72–86.
- Morris, P. W. G.; Jamieson, A. 2005. Moving from corporate strategy to project strategy, *Project Management Journal* 36(4): 5–18.
- Murray, S.; Alpaugh, A.; Burgher, K.; Flachbart, B.; Elrod, C. C. 2010. Development of a Systematic Approach to Project Selection for Rural Economic Development, *Journal of Rural and Community Development* 5(3): 1–18.
- Nardo, M.; Saisana, M.; Saltelli, A.; Tarantola, S.; Hoffman, A.; Giovannini, E. 2008. *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*; Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Publishing: Paris, France,
- Ness, B.; Urbel-Piirsalu, E.; Anderberg, S.; Olsson, L. 2007. Categorising tools for sustainability assessment, *Ecological Economics* 60: 498–508.
- Nooteboom, S. 2007. Impact assessment procedures for sustainable development: A complexity theory perspective, *Environmental Impact Assessment Review* 27(7): 645–665.
- Oehlmann, I. 2011. *The Sustainable Footprint Methodology*; Lambert Academic Publishing: Cologne, Germany, 2011.
- Oikonomou, I.; Platanakis, E.; Sutcliffe, C. 2015. Creating More Stable and Diversified Socially Responsible Investment Portfolios. Discussion Paper, ICMA Centre.
- Oliveira, E. C. B. D.; Alencar, L. H.; Costa, A. P. C. S. 2016. A decision model for energy companies that sorts projects, classifies the project manager and recommends the final match between project and project manager, *Production* 26(1): 91–104.
- Økland, A. 2015. Gap Analysis for Incorporating Sustainability in Project Management. *Procedia Computer Science* 64: 103–109.
- O’Ryan, R.; Pereira, M. 2015. Participatory indicators of sustainability for the salmon industry: The case of Chile, *Marine Policy* 51: 322–330.

Otero, L. D.; Centeno, G.; Ruiz-Torres, A. J.; Otero, C. E. 2009. A systematic approach for resource allocation in software projects, *Computers & Industrial Engineering* 56(4): 1333–1339.

Oželienė, D.; Drejeris, R. 2015. Įmonių darnios plėtros vertinimo metodinio potencialo analizė, in *18-oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija „Verslas XXI amžiuje“*.

Padovani, M.; Muscat, A. R. N.; Camanho, R.; Carvalho, M. M. 2008. Looking for the right criteria to define projects portfolio: multiple case study analysis, *Product: Management & Development* 6(2): 127–134.

Paredes-Gazquez, J. D.; Rodriguez-Fernandez, J. M.; de la Cuesta-Gonzalez, M. 2015. Measuring corporate social responsibility using composite indices: Mission impossible? The case of the electricity utility industry, *Revista de Contabilidad: Spanish accounting review* 19(1), 142–153.

Patanakul, P.; Milosevic, D. 2009. The effectiveness in managing multiple projects: Influencing factors and measurement criteria, *International Journal of Project Management* 27(3): 216–233.

Pennypacker, J. S.; Dye, L. D. 2002. Project portfolio management and managing multiple projects: two sides of the same coin, *Managing Multiple Project* 1:1–10.

Pérez-Gladish, B.; Rodríguez, P. M.; M'zali, B.; Lang, P. 2013. Mutual funds efficiency measurement under financial and social responsibility criteria, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 20(3–4): 109–125.

Perez, F.; Gomez, T. 2014. Multiobjective project portfolio selection with fuzzy constraints, *Annals of Operations Research* 1: 1–23.

Petit, Y.; Hobbs, B. 2010. Project Portfolios in Dynamic Environments: Sources of Uncertainty and Sensing Mechanisms, *Project Management Journal* 41(4): 46–58.

Petrovic, D.; Mihic, M.; Obradovic, V. 2006. Strategic Management by Project Portfolio Management, *International scientific days, Faculty of Economic and Management SAU, Nitra*, 2006.

Peylo, B. T. 2012. A synthesis of modern portfolio theory and sustainable investment, *The Journal of Investing* 21(4): 33–46.

Peylo, B. T.; Schaltegger, S. 2014. An equation with many variables: un hiding the relationship between sustainability and investment performance, *Journal of Sustainable Finance & Investment* 4(2): 110–126.

Philips, L. D.; Bana e Costa, C. A. 2007. Transparent prioritisation, budgeting and resource allocation with multi-criteria decision analysis and decision conferencing, *Annals of Operational Research* 154: 51–68.

Pimentel, B. S.; Gonzalez, E. S.; Barbosa, G. N. 2016. Decision-support models for sustainable mining networks: fundamentals and challenges, *Journal of Cleaner Production*, 112: 2145–2157.

Pintér, L.; Hardi, P.; Martinuzzi, A.; Hall, J. 2012. Bellagio STAMP: Principles for sustainability assessment and measurement, *Ecological Indicators* 17: 20–28.

Podvezko, V. 2008. Sudėtingų dydžių kompleksinis vertinimas, *Verslas: teorija ir praktika* 9: 160–168.

Podvezko, V. 2011. The comparative analysis of MCDA methods SAW and COPRAS, *Engineering Economics* 22(2): 134–146.

Podvezko, V.; Podvezko, A. 2014. Kriterijų reikšmingumo nustatymo metodai, *Lietuvos Matematikos Rinkiny* 55: 111–116.

Pons, O.; de la Fuente, A.; Aguado, A. 2016. The Use of MIVES as a Sustainability Assessment MCDM Method for Architecture and Civil Engineering Applications, *Sustainability* 8(5): 460.

Presley, A.; Meade, L. 2010. Benchmarking for sustainability: an application to the sustainable construction industry, *Benchmarking: An International Journal* 17(3): 435–451.

Project Management Institute 2006. *The Standard for Portfolio Management*. Project Management Institute, Newtown Square, PA.

Project Management Institute 2013. *The Standard for Portfolio Management. Third edition*, Project Management Institute.

Pullman, M. E.; Maloni, M. J.; Carter, C. R. 2009. Food for thought: social versus environmental sustainability practices and performance outcomes, *Journal of Supply Chain Management* 45(4): 38–54.

Qi, Y.; Steuer, R. E.; Wimmer, M. 2015. An analytical derivation of the efficient surface in portfolio selection with three criteria, *Annals of Operations Research*: 1–17.

Qin, Z., Kar, S.; Zheng, H. 2016. Uncertain portfolio adjusting model using semiabsolute deviation, *Soft Computing* 20(2): 717–725.

Rafiee, M.; Kianfar, F.; Farhadkhani M. 2013. *A multistage stochastic programming approach in project selection and scheduling*. Springer – Verlag London.

Rajagopal, Sh.; McGuin, Ph.; Waller, J. 2007. *Project Portfolio Management: Leading the Corporate Vision*. New York: Palgrave MacMillan.

Rebiasz, B. 2013. Selection of efficient portfolios – probabilistic and fuzzy approach, comparative study, *Journal Computers and Industrial Engineering* 64(4): 1019–1032.

Ren, X.; Zhang, G. 2008. Research on decision support for Six Sigma project selection based on fuzzy evaluation, In *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008. WiCOM'08. 4th International Conference on*. IEEE: 1–11.

Robinson J. 2004. Squaring the circle? Some thoughts on the idea of sustainable development, *Ecological Economics* 48(4): 369–384.

Rogers, M. J.; Gupta, A.; Maranas, C. D. 2002. Real options based analysis of optimal pharmaceutical research and development portfolios, *Industrial & Engineering Chemistry Research* 41(25): 6607–6620.

Rudzkienė, V.; Burinskienė, M. 2007. *Plėtros krypčių vertinimo ir valdymo informaciniai modeliai*. Monografija ISBN 978–9955–28–217–4. Vilnius, Technika.

Ruparathna, R.; Hewage, K. 2015. Sustainable procurement in the Canadian construction industry: challenges and benefits, *Canadian Journal of Civil Engineering* 42(6): 417–426.

Rutkauskas, A. V. 2000. Formation of adequate investment portfolio for stochasticity of profit possibilities, *Property management*, 4(2): 100–115.

Rutkauskas A. V. 2006. Adekvaciojo investavimo portfelio anatomija ir sprendimai panaudojant imitacines technologijas, *Ekonomika* 75: 52–76.

Rutkauskas, A. V.; Lapinskaite, I. 2012. Marketing as core instrument to implement sustainability strategy for a business world. The case of fast moving consumer goods, *7<sup>th</sup> International Scientific Conference “Business and Management 2012”, May 10-11*, Vilnius 1: 162–172.

Saaty, T. L. 1979. Applications of analytical hierarchies, *Mathematics and Computers in Simulation* 21(1): 1–20.

Saborido, R.; Ruiz, A. B.; Bermúdez, J. D.; Vercher, E.; Luque, M. 2016. Evolutionary multi-objective optimization algorithms for fuzzy portfolio selection, *Applied Soft Computing* 39: 48–63.

Salehi, K. 2015. A hybrid fuzzy MCDM approach for project selection problem, *Decision Science Letters* 4(1): 109–116.

Sánchez, M. A. 2015. Integrating sustainability issues into project management, *Journal of Cleaner Production* 96: 319–330.

Schmidt, R. L. 1993. A model for R&D project selection with combined benefit, outcome and resource interactions, *IEEE Transactions on Engineering Management* 40(4): 403–410.

Schwindt, C.; Zimmermann, J. 2015. *Handbook on Project Management and Scheduling Vol. 2*. Cham: Springer International Publishing.

Sėrikovienė, A. 2013. *Mokomųjų objektų daugkartinio panaudojimo kokybės vertinimo metodų taikymo tyrimas*. Daktaro disertacija, Vilnius University (VU).

Sharpe, W. F. 1964. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk, *The Journal of Finance* 19(3): 425–442.

Shenhar, A. J.; Dvir, D. 2007. *Reinventing project management: the diamond approach to successful growth and innovation*. Harvard Business Review Press.

Shenhar, A. J.; Dvir, D.; Levy, O.; Maltz, A. C. 2001. Project success: a multidimensional strategic concept, *Long range planning* 34(6): 699–725.

- Siew, R. Y. J. 2016. Integrating sustainability into construction project portfolio management, *KSCE Journal of Civil Engineering* 20(1): 101–108.
- Siew, R. Y. J. 2014. A review of sustainability reporting tools (SRTs) for Communities, *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology* 5(2): 39–52.
- Siew, R. Y. J.; Balatbat, M. C. A.; Carmichael, D. G. 2013. A review of buildings/infrastructure Sustainability Reporting Tools (SRT's), *Smart and Sustainable Built Environment* 2(2): 106–139.
- Siew, R. Y.; Balatbat, M. C.; Carmichael, D. G. 2016a. Measuring project sustainability maturity level-a fuzzy-based approach, *International Journal of Sustainable Development* 19(1): 76–100.
- Siew, R. Y.; Balatbat, M. C.; Carmichael, D. G. 2016b. A proposed framework for assessing the sustainability of infrastructure. *International Journal of Construction Management*, 1-18.
- Silvius, A. J.; Brink, J.; Köhler, A. 2009. *Views of Sustainable Project Management*; Kähkönen, K., Samad Kazi, A., Rekola, M., Eds.; IPMA Scientific Research Paper Series; Human Side of Projects in Modern Business: Helsinki, Finland, 2009.
- Silvius, G.; Schipper, R. 2010. A maturity model for integrating sustainability in projects and project management, *In Proceedings of the 24th World Congress of the International Project Management Association*, Istanbul, Turkey, 1–3 November 2010.
- Silvius, A. J. G.; Schipper, R.; Nedeski, S. 2012. Sustainability in Project Management: Reality Bites, *In Proceedings of the 26<sup>th</sup> IPMA World Congress*: 1053–1061.
- Silvius, G.; Schipper, R. 2014a. Sustainability in Project Management Competencies: Analyzing the Competence Gap of Project Managers, *Journal of Human Resource and Sustainability Studies* 2: 40–58.
- Silvius, A. J.; Schipper, R. 2014b. Sustainability in project management: A literature review and impact analysis, *Social Business* 4(1): 63–96.
- Silvius, G.; Schipper, R. 2015. A Conceptual Model for Exploring the Relationship Between Sustainability and Project Success, *Procedia Computer Science* 64: 334–342.
- Silvius, A.J.G.; Tharp, J. 2013. *Sustainability Integration for Effective Project Management*. IGI Global Publishing: Hershey, PA, USA.
- Simanavičienė, R. 2011. *Kiekybinių daugiatislių sprendimo priėmimo metodų jautrumo analizė*. Daktaro disertacija, Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas (VGTU).
- Singh, R. K.; Murty, H. R.; Gupta, S. K.; Dikshit, A. K. 2007. Development of composite sustainability performance index for steel industry, *Ecological Indicators* 7: 565–588.
- Singh, R. K.; Murty, H. R.; Gupta, S. K.; Dikshit, A. K. 2012. An overview of sustainability assessment methodologies, *Ecological Indicators* 15: 281–299.
- Souder, W. E. 1973. Analytical effectiveness of mathematical models for R&D project selection, *Management Science* 19(8): 907–923.

Stasytytė, V. 2011. *Investicijų portfelio sprendimų paramos sistema*. Daktaro disertacija, Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas (VGTU).

Stankevičienė, J.; Žinytė, S. 2011. Valuation model of new start-up companies: Lithuanian case, *Verslas: Teorija ir Praktika* 12(4): 379–389.

Stewart, T. J. 2016. Multiple objective project portfolio selection based on reference points, *Journal of Business Economics* 86(1-2): 23–33.

Steuer, R. E.; Na, P. 2003. Multiple criteria decision making combined with finance: A categorized bibliographic study, *European Journal of Operational Research* 150(3): 496–515.

Steuer, R. E.; Qi, Y.; Hirschberger, M. 2007. Suitable-portfolio investors, nondominated frontier sensitivity, and the effect of multiple objectives on standard portfolio selection, *Annals of Operations Research* 152(1): 297–317.

Steuer, R. E.; Wimmer, M.; Hirschberger, M. 2013. Overviewing the transition of Markowitz bi-criterion portfolio selection to tri-criterion portfolio selection, *Journal of Business Economics* 83(1): 61–85.

Šimanskienė, L.; Petrulis, A. 2014. Darnumas ir jo teikiama nauda organizacijoms, *Regional Formation and Development Studies* 12(1): 221–229.

Štreimikienė, D. 2014. Comparative Assessment of Environmental Indicators of Quality of Life in Romania and Lithuania, *Economics & Sociology* 7(1): 11–21.

Štreimikienė, D.; Baležentis, T.; Kriščiukaitienė, I.; Baležentis, A. 2012. Prioritizing sustainable electricity production technologies: MCDM approach, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16(5): 3302–3311.

Taylan, O.; Bafail, A. O.; Abdulaal, R. M.; Kabli, M. R. 2014. Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies, *Applied Soft Computing* 17: 105–116.

Tavana, M.; Keramatpour, M.; Santos-Arteaga, F. J.; Ghorbaniane, E. 2015. A fuzzy hybrid project portfolio selection method using Data Envelopment Analysis, TOPSIS and Integer Programming, *Expert Systems with Applications* 42(22): 8432–8444.

The International Organization for Standardization. 2013. *ISO/TR 21932:2013, Sustainability in Buildings and Civil Engineering Work—A Review of Terminology*. The International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland.

Tiryaki, F.; Ahlatcioglu, B. 2009. Fuzzy portfolio selection using fuzzy analytic hierarchy process, *Information Sciences* 179(1): 53–69.

Tobin, J. 1958. Liquidity preference as behavior toward risk, *Review of Economic Studies*, 65–85.

Tohumcu, Z.; Karasakal, E. 2010. R&D project performance evaluation with multiple and interdependent criteria, *IEEE Transactions on Engineering Management* 57(4): 620–633.



- Tong, T. K.; Tam, C. M.; Chan, A. P. 2001. Genetic algorithm optimization in building portfolio management, *Construction Management & Economics* 19(6): 601–609.
- Trenado, M.; Romero, M.; Cuadrado, M. L.; Romero, C. 2014. Corporate social responsibility in portfolio selection: A “goal games” against nature approach, *Computers & Industrial Engineering* 75: 260–265.
- Tufinio, S. P.; Mooi, H.; Ravestijn, W.; Bakker, H.; Boorsma, M. 2013. Sustainability in project management: Where are we? *International Journal of Engineering* 14: 91–100.
- Turskis, Z.; Zavadskas, E. K.; Peldschus, F. 2009. Multi-criteria Optimization System for Decision Making in Construction Design and Management, *Engineering Economics* 1(61): 7–17.
- Tvaronavičienė, M.; Razminienė, K.; Piccinetti, L. 2015. Cluster efficiency study through benchmarking, *Entrepreneurship and Sustainability Issues* 3(2): 120–128.
- Ugwu, O. O.; Haupt, T. C. 2007. Key performance indicators and assessment methods for infrastructure sustainability – a South African construction industry perspective, *Building and Environment* 42: 665–680.
- Ulvila, J. W.; Chinnis, J. O. 1992. Decision analysis for R&D resource management. In Kocaoglu, C. (ed.), *Management of R&D and Engineering*. Amsterdam: North-Holland: 143–162.
- Utz, S.; Wimmer, M.; Hirschberger, M.; Steuer, R. E. 2014. Tri-criterion inverse portfolio optimization with application to socially responsible mutual funds, *European Journal of Operational Research* 234(2): 491–498.
- Utz, S.; Wimmer, M.; Steuer, R. E. 2015. Tri-criterion modeling for constructing more-sustainable mutual funds, *European Journal of Operational Research* 246(1): 331–338.
- Van Cauwenbergh, N.; Biala, K.; Bielders, C.; Brouckaert, V.; Franchois, L.; Ciudad, V. G.; Hermey, M.; Mathijs, E.; Muys, B.; Reijnders, J. 2007. SAFE—A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems, *Agriculture, Ecosystems & Environment* 120(2): 229–242.
- Van de Kerk, G.; Manuel, A. R. 2008. A comprehensive index for a sustainable society: The SSI—the Sustainable Society Index, *Ecological Economics* 66(2): 228–242.
- Vandaele, N.; Decoutterre, C. 2013. Sustainable R&D portfolio assessment, *Decision Support Systems* 54(4): 1521–1532.
- Waas, T.; Hugé, J.; Block, T.; Wright, T.; Benitez-Capistros, F.; Verbruggen, A. 2014. Sustainability assessment and indicators: Tools in a decision-making strategy for sustainable development, *Sustainability* 6(9): 5512–5534.
- Weber, R.; Werners, B.; Zimmermann, H. J. 1990. Planning models for research and development, *European Journal of Operational Research* 48(2): 175–188.
- Wei, C. C.; Liang, G. S.; Wang, M. J. J. 2007. A comprehensive supply chain management project selection framework under fuzzy environment, *International Journal of Project Management* 25(6): 627–636.

- Wey, W. M.; Wu, K. Y. 2007. Using ANP priorities with goal programming in resource allocation in transportation, *Mathematical and Computer Modelling* 46(7): 985–1000.
- Whang, S. W.; Kim, S. 2015. Balanced sustainable implementation in the construction industry: The perspective of Korean contractors, *Energy and Buildings* 96: 76–85.
- Winter, M.; Smith, C.; Morris, P.; Cicmil, S. 2006. Directions for future research in project management: The main findings of a UK government-funded research network, *International Journal of Project Management* 24(8): 638–649.
- Wu, J.; Wu, T. 2012. Sustainability indicators and indices: an overview. *Handbook of sustainable management*. Imperial College Press, London: 65–86.
- Yang, T.; Hsieh, C. H. 2009. Six-Sigma project selection using national quality award criteria and Delphi fuzzy multiple criteria decision-making method, *Expert Systems with Applications* 36(4): 7594–7603.
- Yao, H.; Shen, L.; Tan, Y.; Hao, J. 2011. Simulating the impacts of policy scenarios on the sustainability performance of infrastructure projects, *Automation in Construction* 20(8): 1060–1069.
- Yoshimura, M.; Fujimi, Y.; Izui, K.; Nishiwaki, S. 2006. Decision-making support system for human resource allocation in product development projects, *International Journal of Production Research* 44(5): 831–848.
- Yuan, H. 2013. Key indicators for assessing the effectiveness of waste management in construction projects, *Ecological Indicators* 24: 476–484.
- Yuming, Z.; Quan, P.; Peng, G. 2007. *Research on the Application on Project Portfolio Management (PPM), Program Management (PM) and Project Management in Enterprise Strategic Management*. Northwestern Polytechnical University, P.R.China.
- Zabihi, H., & Habib, F. 2012. Sustainability in building and construction: revising definitions and concepts, *International Journal of Emerging Sciences* 2(4): 570–578.
- Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy sets, *Information and control* 8(3): 338–353.
- Zaraket, F. A.; Olleik, M.; Yassine, A. A. 2014. Skill-based framework for optimal software project selection and resource allocation, *European Journal of Operational Research* 234(1): 308–318.
- Zavadskas, E. K.; Turskis, Z. 2008. A New Logarithmic Normalization Method in Games Theory, *Informatica* 19(2): 303–314.
- Zavadskas, E. K.; Turskis, Z. 2011. Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview, *Technological and Economic Development of Economy* 17(2): 397–427.
- Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Kildienė, S. 2014. State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods, *Technological and Economic Development of Economy* 20(1): 165–179.

Zhang, W. G.; Mei, Q.; Lu, Q.; Xiao, W. L. 2011. Evaluating methods of investment project and optimizing models of portfolio selection in fuzzy uncertainty, *Computers & Industrial Engineering* 61(3): 721–728.

Zhou, L.; Tokos, H.; Krajnc, D.; Yang, Y. 2012. Sustainability performance evaluation in industry by composite sustainability index, *Clean Technologies and Environmental Policy* 14(5): 789–803.

Zolfani, S. H.; Zavadskas, E. K. 2013. Sustainable development of rural areas' building structures based on local climate, *Procedia Engineering* 57: 1295–1301.

Zopounidis, C.; Galariotis, E.; Doumpos, M.; Sarri, S.; Andriosopoulos, K. 2015. Multiple criteria decision aiding for finance: An updated bibliographic survey, *European Journal of Operational Research* 247(2): 339–348.



---

## Autorės mokslinių publikacijų disertacijos tema sąrašas

### Recenzuojamuose mokslo žurnaluose

Dobrovolskienė, N.; Tamošiūnienė, R. 2016. Sustainability-Oriented Financial Resource Allocation in a Project Portfolio through Multi-Criteria Decision-Making, *Sustainability* 8(5): 1–18. ISSN 2071-1050. (ISI Web of Science)

Dobrovolskienė, N.; Tamošiūnienė, R. 2016a. An Index to Measure Sustainability of a Business Project in the Construction Industry: Lithuanian Case, *Sustainability* 8(1): 1–14. ISSN 2071-1050. (ISI Web of Science)

Dobrovolskienė, N.; Tamošiūnienė, R. 2015. Financial resource allocation in a project portfolio: analysing the necessity to integrate sustainability into resource allocation, *Scientific Annals of the “Alexandru Ioan Cuza”* 62(3): 369-382. ISSN 0379-7864. (Scopus, EBSCO, Index Copernicus)

Dobrovolskienė, N.; Tamošiūnienė, R. 2014. Resource allocation in project portfolio management: practice in the Baltic States, *KSI Transactions on Knowledge Society* 7(1): 28–31. ISSN 1313-4787. (EBSCO)

Tamošiūnienė, R.; Dobrovolskienė, N. 2013. Effectiveness of investments in real estate in the Baltic States, *Business systems and economics* 3(1): 48–57. ISSN 2029-8234. (EBSCO, Index Copernicus)

**Straipsniai kituose leidiniuose**

Dobrovolskienė, N.; Tamošiūnienė, R. 2014a. The use of resource allocation tools in project portfolio management: Lithuanian case, in *The 8<sup>th</sup> International Scientific Conference "Business and Management 2014"*, 27–34. ISSN 2029-4441. (Thomson ISI Proceedings)

Dobrovolskienė, N.; Tamošiūnienė, R. 2014b. Resource allocation in the project portfolio: a review of quantitative models, in *The 3<sup>rd</sup> International Scientific Conference on Project Management in the Baltic Countries "Project management development – practice and perspectives"*, 31–42. ISBN 9789984494708.

Dobrovolskienė, N.; Tamošiūnienė, R. 2014c. Projektų atranka ir išteklių paskirstymas verslo projektų portfelyje: mokslinės literatūros apžvalga, *17-oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas – Lietuvos ateitis“*, 110–117. ISSN 2029-7149.

Dobrovolskienė, N.; Tamošiūnienė, R. 2013a. Interpretation of project portfolio management in the researches of the last decade, in *The XI International Scientific Conference "Management and Engineering'13"*, 30–40. ISSN 1310-3946.

Tamošiūnienė, R.; Dobrovolskienė, N. 2013b. Project management maturity assessment in Lithuania, in *The International Scientific Conference UNITECH'13 Gabrovo*, 134–139. ISSN 1313-230X.

---

# Summary in English

## Introduction

### Problem formulation

In the current economic circumstances and competitive environment, many companies have been forced to introduce project portfolio management into their operation. Consequently, it has become particularly important to select profitable projects and to achieve optimal allocation of resources among them.

Financial resource allocation in a project portfolio is a complex decision-making process that is influenced by multiple and often conflicting objectives. Moreover, companies are increasingly coming under strong social pressure to integrate elements of sustainability into their decision-making process, which makes this process even more complex. Nowadays, the concept of sustainability is widely applied by many companies through their mission statement and strategy. It is also one of the most popular research fields for scholars. Despite the fact that sustainability is considered one of the most important challenges of our time, the integration of sustainability into project or project portfolio management (especially in financial resource allocation) is not fully recognised.

The existing project portfolio selection and resource allocation models do not take into account sustainability. Modern portfolio theory suggesting that investors have a single purpose of securing that financial wealth they expect in the future is maximum,

offers only a partial solution for a sustainable company. Therefore, the problem of the present dissertation is formulated as follows: how to efficiently allocate financial resources in a project portfolio, taking into account not only financial aspects but also sustainability.

## **Relevance of the thesis**

At present, both sustainability and project portfolio management are important. The relationship between these two areas of scientific research has been of interest for both scholars and practitioners. Sustainability is one of the most important issues that need to be taken into account in decision-making process at different levels of project-oriented organisation. It has to be an integrated part of a project and project portfolio to achieve the objectives of organisation. In the light of growing global environmental problems, organisations are recognising that business-as-usual is not an option anymore and it is time for a change. Projects are the most appropriate way to introduce change in organisations. Considering that one third of the world gross domestic product is generated by projects (Økland 2015), it is very important to integrate sustainability considerations into projects. And project management could make a valuable contribution in this context. However, the existing project portfolio management standards do not give adequate attention to sustainability issues or fail to provide project managers with the necessary tools to integrate sustainability into project portfolio management and operation. Today it is increasingly well understood that methods, tools and techniques need to be developed to integrate sustainability criteria into project portfolio management; moreover, there is a growing need of knowledge how to incorporate sustainability into the project portfolio management process. Therefore, the dissertation aims at enhancing understanding about project portfolio management and possible integration of sustainability into one of the main areas of project portfolio management, namely financial resource allocation.

The present dissertation addresses relevant issues of financial resource allocation in a project portfolio. The proposed financial resource allocation model would enable organisations to execute right (sustainable) projects, which could make a contribution to the sustainable development of organisations and thereby increase their competitive advantage.

## **Object of the research**

The doctoral dissertation explores financial resource allocation in a project portfolio.

## **Aim of the thesis**

The aim of the present dissertation is to develop and put into practice a model of financial resource allocation in a project portfolio that would allow making decisions, taking into account not only the project's return and risk but also sustainability considerations.



## Objectives of the thesis

1. To research the scientific literature on project portfolio management and resource allocation in a project portfolio. To analyse the relationship between two areas of scientific research, project portfolio management and sustainability.
2. To explore possible synergies between different sciences (economy, mathematics, and informatics) and research fields (modern portfolio theory and sustainability) in order to obtain a qualitatively new financial resource allocation tool.
3. To construct a composite sustainability index of a project by applying multi-criteria decision-making methods.
4. To integrate a composite sustainability index of a project into Markowitz's mean-variance model.
5. To test the practicability of the model by an empirical study in a selected company and to assess the impact of the integration of sustainability into financial resource allocation in a project portfolio on the financial result of a portfolio.

## Research methodology

To achieve the objectives defined in the present dissertation, a number of methods were used, including scientific literature review, comparison, synthesis, and generalisation. For the purpose of constructing a composite sustainability index of a project, multi-criteria decision-making methods were used, such as expert survey, assessment of compatibility and reliability of group opinions, subjective weighting, reference value method, and simple additive weighting (SAW). The analysis of possibilities for financial resource allocation in a project portfolio was carried out using multi-objective optimisation. The impact of sustainability on the return of a project portfolio was assessed by mathematical statistical analysis.

## Scientific noveltys of the thesis

1. Proposed tool for financial resource allocation in a project portfolio that allows making decisions, taking into account not only the return and risk of a project but also its sustainability, i.e. its impact on the environment and society.
2. The developed model of financial resource allocation in a project portfolio allows quantifying the impact of sustainability on the return of a project portfolio as well as the structure of a portfolio.

3. Identified sustainability criteria which are important for construction companies for the purpose of assessing the level of sustainability of a project, and constructed composite sustainability index of a project.

## **Practical value of research findings**

Both the proposed model of financial resource allocation in a project portfolio and a composite sustainability index of a project could be used as two independent tools helping to make decisions at relevant decision-making stages.

The financial resource allocation model could be used to allocate financial resources in a project portfolio in construction companies. However, subject to certain modifications (i.e. substituting the proposed composite sustainability index of a project which is designed to assess the level of sustainability of a construction project with another index for measuring the sustainability of a project in any other economic sector), this model could be used in allocating financial resources in companies operating in different economic sectors. Thus, the proposed model would not only help organisations to manage risk and achieve higher return but would also allow carrying out sustainable projects, thereby promoting greater environmental responsibility and giving more consideration to the wellbeing of future generations.

A composite sustainability index of a project could be useful in assessing the sustainability of projects in the construction sector. Through systematic use of this index, construction companies applying sustainable development principles would be able to compare projects and make rational decisions regarding financial resource allocation.

## **Statements to be defended**

1. A robust sustainability-oriented model of financial resource allocation in a project portfolio can be developed through the targeted application of multi-criteria decision-making methods to financial resource allocation in a project portfolio and the proper integration of a composite sustainability index of a project into Markowitz's mean-variance model.
2. Sustainability is one of the most important issues that need to be taken into account when making decisions on financial resource allocation in a project portfolio.
3. A composite sustainability index of a project may be successfully applied to measure the sustainability of a project.
4. A robust composite sustainability index of a project can be developed by applying multi-criteria decision-making methods.
5. The testing of the model in a real company is the most suitable means of assessing the financial resource allocation tool and provides information about the impact of sustainability on the financial result of a project portfolio.

## **Approval of research findings**

10 scientific articles have been published on the topic of the present dissertation. Two articles were published in scientific journals included in the Thomson ISI Web of Science database (Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2016), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2016a)), one in the Thomson ISI Proceedings database (Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2014a)), three in scientific journals cited in other databases (Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2015), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2014), Tamošiūnienė, Dobrovolskienė (2013)), three in peer-reviewed materials of international conferences (Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2014b), Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2013a), Tamošiūnienė, Dobrovolskienė (2013b)), and one in the peer-reviewed material of a Lithuanian conference (Dobrovolskienė, Tamošiūnienė (2014c)). 6 presentations were made at international and Lithuanian conferences. The findings of the dissertation were presented at 4 scientific seminars of doctoral students.

## **Structure of the thesis**

The present dissertation consists of the Introduction, three Chapters, General conclusions, References, List of publications and Annexes. The total volume of the paper is 135 pages, including 12 figures, 19 tables and 35 formulas. 338 sources of literature were used as a reference for the purpose of the present dissertation.

## **1. Interrelation between project portfolio management and sustainability**

Globalisation processes, increasing competition, the development of a knowledge and innovation-based economy encourage the transformation of organisations from traditional to project-driven. It is common for organisations to implement several or even dozens of projects at the same time. And projects have to compete for scarce resources. At the juncture of the 20th and 21st centuries, the need for efficient resource allocation in organisations significantly increased the relevance of project portfolio management. However, the concept of ‘portfolio’ originated as far back as 1952 when Markowitz, an economist and Nobel laureate, published his article ‘Portfolio Selection’ laying the foundations for modern portfolio theory. A portfolio must have risk and return optimally balanced, which Markowitz called the efficient portfolio frontier.

Various definitions of project portfolio management are found in scientific literature. Authors discuss about different aspects of project portfolio management but there is a clear consensus on the principles of project portfolio management. Those definitions allow a conclusion that project portfolio management should be introduced in order to ensure that organisation will implement its strategy through the selection and management of an appropriate set of projects.

Project portfolio selection and resource allocation are the main areas in project portfolio management. The analysis of scientific literature revealed that until the 1970s

most project portfolio selection and resource allocation decisions were based on models which only considered one criterion. Good examples include economic assessment measurements (net present value (NPV), internal rate of return (IRR), return on investments (ROI), payback period (PB) and so on).

The 1980–1990s though saw the development of optimisation models applied in project portfolio selection which allowed decision-makers to solve problem in a simplified manner, seeking for the set of projects that would optimise the main objective of organisation taking into account several criteria. As the analysis of scientific literature shows, considerable attention is focused on project portfolio selection based on financial, risk and strategic alignment criteria. However, various additional criteria and/or constraints are increasingly being included in project portfolio selection and resource allocation. With goals becoming more complex, many authors suggest to use multi-criteria decision-making methods.

It appears from the analysis of scientific literature that the consideration of sustainability is gaining a greater prominence in the field of project portfolio management. More and more scholars realise the need to find reliable ways to integrate current sustainable development requirements into project portfolio management.

The Project Management Institute states that sustainability in project management is a new global model of making business and managing a project to incorporate sustainability in every phase.

In some of the first publications on sustainability and project management, Labuschagne and Brent (2005) related sustainable development to project life cycle management in the manufacturing industry. They described three goals for sustainable development (i.e. social equity, economic efficiency, and environmental performance) in various project life cycle management problems.

Sanchez (2014) developed a framework to help ensure that organisation is working on the right projects to implement its business strategy and satisfy stakeholders' demands. The author believes that this conceptual framework has a good potential for integrating sustainability and project management in operational terms.

Marcelino-Sádaba et al. (2015) show the interrelations between sustainability and project management as well as outline a new conceptual framework to manage sustainable projects. Their work is based on the assumption that project products developed in accordance with sustainability criteria, sustainable project processes, sustainability-oriented organisations, and projects managers trained in sustainability are the key elements underlying sustainable projects.

The analysis of scientific works addressing the relationship between two areas of scientific research, sustainability and project portfolio management, in the first chapter justify an assumption that there is currently no article that would consider sustainability in the context of project portfolio selection and resource allocation or broaden the current knowledge about sustainability in project portfolio management by providing an empirically tested financial resource allocation model.

Therefore, given that project portfolio selection and resource allocation are among the key issues in project portfolio management, the following chapter explores theoretical possibilities of integrating sustainability into financial resource allocation in a project portfolio.

## **2. Theoretical grounds for the integration of sustainability criteria into financial resource allocation**

Voluntary business efforts – directly and indirectly affected by public attitudes towards their activity – play an increasingly important role in global sustainable development policy. There is a growing understanding among leaders of organisations that it is not an option to be guided merely by an economic – often self-interest – logic. They realise the need to evaluate new challenges and adapt to new changes, to search constantly for new resources, whilst taking into account environmental demands, not to mention social needs of workers and society.

There are, however, leaders who are strongly against sustainable business development believing that it is a mere waste of resources, or those who understand the benefit of sustainability but do not know how to achieve it.

Therefore, quite a few authors seek to demonstrate in their works that organisations would benefit from becoming sustainable. Sustainable organisations have the same objectives as any other organisations, i.e. maximum profit and minimum cost. Yet, these should be pursued without undermining the environment and society. Sustainability offers benefits for organisations, such as long-term public acceptance and confidence, favourable impression of an organisation, as well as demand for goods and services offered by an organisation ensuring its further development and profitable operation.

Since sustainability is one of the most important issues today, it is obvious that this new element should, in one way or another, be incorporated into the decision-making process when resources are allocated in a project portfolio.

Figure S.1 below presents a framework for sustainability-oriented financial resource allocation which consists of two parts.

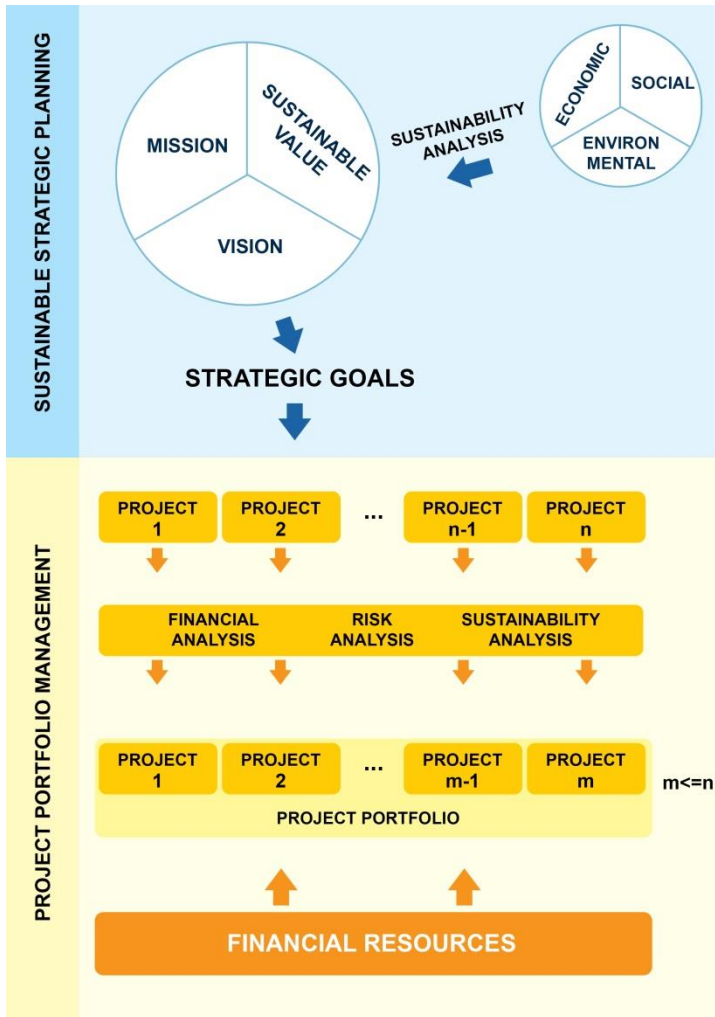
The first part is concerned with the integration of sustainability into the strategic planning process. The sustainability criteria (economic, social and environmental) are considered an essential component of strategic planning. The output of the first part is a set of projects that support the strategic goals. This part is not further considered in this paper, it is just assumed that all projects meet sustainability-oriented strategic goals.

The second part of the framework is designed to deliver a project portfolio where resources are allocated taking into account not only financial criteria but also sustainability. Sustainability-oriented financial resource allocation in a project portfolio takes into consideration the economic, social and environmental dimensions of a project.

Thus, not only financial and risk analyses but also sustainability analysis should be performed when selecting projects to a portfolio and deciding on financial resource allocation in a project portfolio.

Project portfolio selection principles are outlined by modern portfolio theory, therefore, it is sufficient to understand that the project return and standard deviations (or variance) obtained from screening can be used in developing a project portfolio.

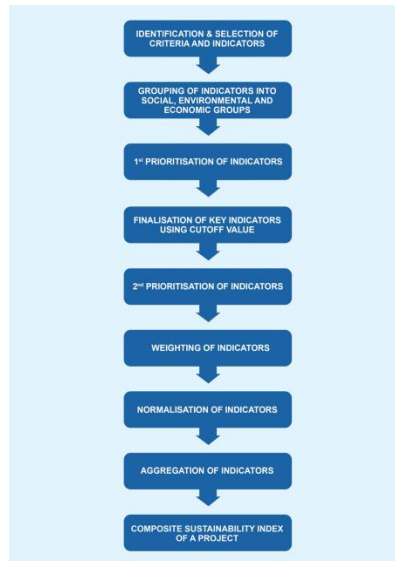
Moreover, taking into account the fact that sustainability indicators or composite indices are used to assess different aspects of sustainability, the sustainability of a project may be measured using a composite index.



**Fig. S.1.** Framework for sustainability-oriented financial resource allocation  
(source: author)

Quite a few authors have extensively examined the application of multi-criteria decision-making methods in developing composite indices. There are several reasons behind the widespread use of these methods, the most important being that it is possible to quantify every complex phenomenon.

On the basis of various methodologies used to construct composite indices, one of the methodologies for constructing a composite sustainability index of a project is presented below (Fig. S.2).



**Fig. S.2.** A method for constructing a composite sustainability index of a project (source: author)

The analysis of the directions of modern portfolio theory development in the second chapter suggests that in recent years Markowitz's mean-variance model has been more and more often elaborated by incorporating new additional criteria, one of which is social responsibility, or sustainability. In that case, portfolio selection models including not only the two classical financial criteria (return and risk) but also environmental, social and governance issues are more flexible and better suited to represent the individual preferences of a large number of nowadays investors. Most of scholars understand that the inclusion of new variables in modern portfolio theory has been made possible by multi-criteria decision-making theory. There are three possible approaches to the integration of sustainability into portfolio theory: 1) first selecting a set of projects using sustainability criteria and afterwards applying a portfolio optimisation; 2) first applying a portfolio optimisation and then selecting a portfolio with a certain degree of sustainability; 3) integrating sustainability as a third additional criterion into a new three-objective portfolio optimisation.

Based on the studies carried out by scholars on multi-criteria decision-making methods, the following approaches best suited for the objectives of the dissertation have been chosen: 1) to construct a composite sustainability index of a project by applying MADM methods; these methods allow aggregating indicators into a single index; 2) to solve the project portfolio selection and resource allocation problem by applying multi-objective optimisation.

### 3. Construction and testing of a model of financial resource allocation in a project portfolio

The third chapter introduces a composite sustainability index of a project which was developed by applying multi-criteria decision-making methods and subsequently integrated into Markowitz's mean-variance model. The practicability of the developed model was tested by means of an experiment in a construction company.

A composite sustainability index of a project was constructed in accordance with the methodology presented in the second chapter. First of all, a list of 56 criteria was compiled. Those criteria were then grouped into social (15 criteria), environmental (23 criteria) and economic (18 criteria) groups. With a view to identifying the main criteria, a survey was conducted in two stages. For that purpose, an individual expert assessment method, i.e. questionnaire, was chosen. In the first stage, questionnaires were sent out to 226 specialists. In order to ensure a professional survey, experts were selected on the basis of the following criteria: their position, competence and work experience. After the questionnaire was sent out, including follow-up reminders, a total of 29 responses were received, of which 15 from CEO, six from engineers, and eight from project managers. Thus, 29 construction professionals took part in the first stage. These experts were asked to rate, on a 5-point Likert scale, the level of importance of each item, with 1 meaning not important, and 5 meaning very important. Having compiled the survey results, the mean value of each criterion was determined. Sustainability criteria were arranged in ascending order of their mean values. The critical value was considered as the basis for identifying key sustainability criteria. Thus, the cut-off value 3.00 was used.

After the first stage, 15 criteria (four economic, six environmental and five social criteria) of construction sustainability were selected to be used in the second stage. The group of professionals in the second stage was made up of two groups of experts, namely 12 professionals from the first stage, and 10 additional new professionals representing socially responsible construction companies. Thus, this expert group was composed of 22 professionals in total (nine CEO, three engineers and 10 project managers). The professionals had to rank the importance of each criterion from 1 to 15, where the highest score was 15 points and the lowest 1 point. When ranking sustainability criteria, the experts were mainly divided over the issue of local workers during construction, operation and maintenance (coefficient of variation – 75%). As regards construction time, reduction of indirect costs, reduction of direct costs, safety and health of workers and GHG emission, the experts were quite unanimous in their opinion.

Furthermore, agreement between the opinions of the experts was assessed by calculating the coefficient of concordance in accordance with the following formula:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (\text{S.1})$$

where  $W$  is Kendall's coefficient of concordance;  $S$  is the sum of the deviation of ranks from the mean;  $n$  is the number of objects (criteria) ( $i = 1, 2, \dots, n$ );  $m$  is the number of experts ( $j = 1, 2, \dots, m$ ).

The calculated value of the coefficient of concordance ( $W = 0.73$ ) indicated that the expert assessments are very similar (where expert opinions are practically unanimous,



the value of  $W$  is close to one, on the other hand, when assessments are conflicting, the value of  $W$  is close to zero).

Moreover, the reliability of the expert opinions was evaluated using Pearson criterion. Random value

$$\chi^2 = m(n - 1)W, \quad (\text{S.2})$$

is distributed by the  $\chi^2$  distribution with  $\nu = n - 1$  degree of freedom. According to the selected level of significance  $\alpha$  (in practice, the value of  $\alpha$  is 0.05 or 0.01) the critical value  $\chi_{kr}^2$  is obtained from the table of the  $\chi^2$  distribution with  $\nu = n - 1$  degree of freedom. If the value of  $\chi^2$  calculated in accordance with Formula (S.2) is greater than  $\chi_{kr}^2$ , expert assessments are in agreement. The value of  $\chi^2$  calculated according to Formula (S.2) is greater  $\chi_{kr}^2$  ( $224.74 > 23.68$ ), the level of significance  $\alpha = 0.05$ . Hence, the expert assessments are in agreement and may be used for further research..

Another important step is weighting of the indicators. When the calculation of the significance of indicators is based on expert assessments, the weights of indicators are determined by applying mathematical statistical methods. The values of weights and their accuracy depend on the selected assessment method. Irrespective of the method applied, the assessment logic is the same: the most important  $i$ th indicator will have the greatest weight  $\omega_i$ . It is agreed that the sum of weights must be equal to one. Table S.1 below shows the significance of each criterion.

**Table S.1.** Criteria and indicators (source: author)

Code	Criteria and their groups	Weighting factors by group	Total weighting factor
<b>ENVIRONMENTAL</b>		<b>0.315</b>	
$I_6$	Energy consumption	0.243	0.077
$I_2$	GHG emission	0.193	0.061
$I_1$	Water consumption	0.170	0.053
$I_5$	Use of renewable energy	0.140	0.044
$I_3$	Use of durable materials	0.130	0.041
$I_4$	Use of materials with low health risk	0.125	0.039
<b>SOCIAL</b>		<b>0.283</b>	
$I_8$	Safety and health of workers	0.382	0.108
$I_9$	Leadership/Knowledge management	0.291	0.083
$I_{11}$	Training of workers	0.156	0.044
$I_{10}$	Local workers during construction, operation and maintenance	0.127	0.036
$I_7$	Project declared of general interest	0.043	0.012
<b>ECONOMIC</b>		<b>0.402</b>	
$I_{15}$	Construction time	0.284	0.114
$I_{12}$	Reduction of direct costs	0.282	0.113
$I_{13}$	Reduction of indirect costs	0.247	0.099
$I_{14}$	Maintenance costs	0.188	0.075

The analysis of the significance of criteria based on the expert assessment showed that construction time, reduction of direct costs, safety and health of workers are the most important criteria for construction companies, whereas such criteria as a project declared of general interest, local workers during construction, operation and maintenance are least important.

The next step is normalisation. It should be noted that the assessment of the sustainability of a new project entails a problem that the project concerned does not have a tendency; therefore, it is proposed to use target values for each indicator. Normalised indicators are described by Formulas (S.3) and (S.4):

$$I_{Ni} = \frac{I_i}{I_{itarmax}}, \quad (S.3)$$

$$I_{Ni} = \frac{I_{itarmax}}{I_i}, \quad (S.4)$$

where  $I_i$  is the value of  $i$ th sustainability indicator;  $I_{itar}$  is the target value of  $i$ th sustainability indicator;  $0 \leq I_{Ni} \leq 1$ .

In the light of their impact on sustainability, the indicators are divided into two groups, namely indicators whose increasing values have a positive impact on sustainability (Formula (S.3)), or those whose increasing values have a negative impact (Formula (S.4)). Normalisation formulas depend on which group the indicator belongs to. After normalisation, the indicators do not have any dimension, and they range between 0 and 1, with 0 being worst and 1 being best.

The final step is aggregation. At this stage, an aggregate index, called a composite sustainability index of a project is developed by applying Simple Additive Weighting (SAW). A composite sustainability index of a project is calculated as:

$$CSIP = \sum_{i=1}^n \omega_i I_{Ni}, \quad (S.5)$$

where  $CSIP$  – is a composite sustainability index of a project;  $\omega_i$  is the weight of  $i$ th sustainability indicator;  $I_{Ni}$  is the normalised value of  $i$ th sustainability indicator;  $0 \leq CSIP \leq 1$ . The value of an index ranges between 0 and 1. A higher value means a higher level of sustainability of a project.

That composite sustainability index of a project was then integrated into Markowitz's mean-variance model on the basis of one of the three possible ways of integration proposed in the second chapter, namely the integration of sustainability as an additional criterion into a new three-objective portfolio optimisation.

A sustainability-oriented model of financial resource allocation in a project portfolio is formulated as follows:

Model

Objective 1:

$$\max R = \sum_{i=1}^n x_i R_i, \quad (S.6)$$

Objective 2:

$$\min V = \sum_{i=1}^n x_i^2 V_i, \quad (S.7)$$

Objective 3:

$$\max S = \sum_{i=1}^n x_i, \quad (\text{S.8})$$

subject to:

$$\forall i \ 0 \leq x_i \leq 0,2,$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1,$$

where Objective 1 is maximisation of the expected return of a portfolio; Objective 2 is minimisation of the risk of a portfolio; Objective 3 is maximisation of the sustainability of a portfolio;  $x_i$  is a fraction of financial resources invested in project  $i$ ;  $R_i$  is the expected return of project  $i$ ;  $V_i$  is the variance of the return of project  $i$ ;  $S_i$  is a sustainability index of project  $i$ , where  $S_i = CSIP$  (Formula (S.5)).

A portfolio is called efficient if it is not dominated by another portfolio, i.e. any other portfolio with the same or better values of all three objectives. Efficient portfolios form a two-dimensional surface in three-dimensional space (Return ( $R$ ), Variance ( $V$ ), and Sustainability ( $S$ )), which is called the efficient surface of the model. It can be easily drawn if a sufficient number of points (corresponding to some set of efficient portfolios) are known. For practical purposes, however, it is preferable to arrange these portfolios according to two parameters with some simple meaning. Below parameters  $\alpha$  and  $\beta$ , are used with possible values in  $[0;1]$ , and the corresponding portfolio is the one which minimises the following function:

$$\min(1 - \alpha)(1 - \beta)V - (1 - \alpha)\beta R - \alpha S. \quad (\text{S.9})$$

Parameter  $\alpha$  is used to account for the sustainability of a portfolio: its greater values produce portfolios with greater values of  $S$ . The value  $\alpha = 1$  should be chosen if the decision-maker is interested only in  $S$ , while the other extreme value  $\alpha = 0$  means that the decision-maker is not concerned with  $S$  at all. If  $\alpha < 1$  is fixed, parameter  $\beta$  allows allocating preferable weights to  $R$  and  $V$ . Greater values of  $\beta$  produce portfolios with greater expected return, at the expense of risk. These two parameters ( $\alpha$  and  $\beta$ ) provide flexibility for decision-makers with their preferences regarding sustainability, return and risk.

When testing the model, 11 levels of  $\alpha$  and  $\beta$  were analysed (starting from 0%, going up by 10% up to 100%). The analysis covered all portfolio combinations for each level of  $\alpha$  and  $\beta$ . For moderate sizes of  $n$ , effective portfolios can be easily found using quadratic programming.  $R$ , an open source environment for statistical computing, namely the packages *quadprog* and *lpSolve* (the latter only for the case  $\beta = 1$ ), was used. The calculations of 111 effective portfolios in the case  $n = 20$  took less than a second. Out of all possible portfolio combinations, the decision-maker may select a project portfolio that would reflect his preferences regarding sustainability, return and risk, and allocate financial resources among projects in the portfolio.

Table S.2 below presents examples of six project portfolios when the highest and the lowest values of sustainability, return and risk are obtained. The analysis of the data shows that the highest value of portfolio sustainability is 0.6920, while the lowest is 0.5095. With these values of portfolio sustainability, portfolio return is respectively

0.4732 and 0.4735, whereas the highest portfolio return is 0.5689 when the value of portfolio sustainability is 0.6060. The proposed model allows the decision-maker to assess possible financial losses due to the incorporation of sustainability into portfolio selection and resource allocation. If out of all possible portfolio combinations the decision-maker were to choose the project portfolio with the highest level of sustainability (0.6920), they would suffer financial losses, i.e. the return of the portfolio would be 17% lower than the possible maximum portfolio return. Conversely, if the decision-maker were to choose the project portfolio with the highest return (0.5689), the level of portfolio sustainability would go down by 12%. Hence, the use of the model would enable the decision-maker to decide what projects to finance, e.g. those providing the highest portfolio return, or those providing the greatest value of portfolio sustainability with acceptable level of portfolio return.

**Table S.2.** Project portfolio data (source: author)

Criteria	Value	Portfolio return	Portfolio risk	Portfolio sustainability
Portfolio sustainability <i>min</i>	0.5095	0.4732	0.0110	—
Portfolio sustainability <i>max</i>	0.6920	0.4735	0.0466	—
Portfolio return <i>min</i>	0.4551	—	0.0242	0.6776
Portfolio return <i>max</i>	0.5689	—	0.0333	0.6060
Portfolio risk <i>min</i>	0.0110	0.4732	—	0.5095
Portfolio risk <i>max</i>	0.0469	0.4915	—	0.6880

In order to analyse the relationship between sustainability and project portfolio return, a statistical analysis was carried out using IBM SPSS Statistics 22. Data of 111 obtained portfolios were analysed. Research revealed that there is a statistically significant, strong linear correlation between sustainability ( $\alpha$ ) and portfolio return ( $-0.743$ ). The incorporation of sustainability into resource allocation has a negative impact on the return of a portfolio. The higher the parameter  $\alpha$  is (consequently, the sustainability of the portfolio is also higher), the lower the return of the portfolio will become. Simultaneously, three project portfolios were chosen to demonstrate the impact of the incorporation of sustainability on the structure of a portfolio. The first portfolio (sustainable portfolio)  $\alpha = 1$ , where neither return nor risk is taken into account. The second portfolio (balanced portfolio)  $\alpha = 0.5$ ,  $\beta = 0.5$ , where equal weight is given to risk and return. The third portfolio (financial portfolio)  $\alpha = 0$ ,  $\beta = 0.5$ , where sustainability is disregarded while risk and return are given equal weight. The results are presented in Table S.3.

**Table S.3** Portfolio data (source: author)

Project code	Financial portfolio $\alpha = 0; \beta = 0.5$	Balanced portfolio $\alpha = 0.5; \beta = 0.5$	Sustainable portfolio $\alpha = 1; \beta = 0.5$
P1	—	0.1244	0.2000
P2	0.0505	—	—

*End of table S.3*

Project code	Financial portfolio	Balanced portfolio	Sustainable portfolio
P3	0.0673	0.1024	0.2000
P4	—	—	—
P5	—	0.1872	0.2000
P6	—	—	—
P7	0.1090	—	—
P8	—	—	—
P9	0.1133	0.1759	—
P10	—	—	—
P11	0.0266	0.1571	0.2000
P12	—	—	—
P13	0.0957	—	—
P14	—	—	—
P15	—	0.0242	0.2000
P16	—	—	—
P17	0.2000	—	—
P18	0.2000	0.1415	—
P19	0.1354	0.0685	—
P20	0.0021	0.0188	—
Portfolio return	0.5490	0.5014	0.4735
Portfolio risk	0.0180	0.0231	0.0467
Portfolio sustainability	0.5663	0.6640	0.6920

As could have been expected, the integration of sustainability considerations alters the structure of a project portfolio and values of different criteria (portfolio return, portfolio risk and portfolio sustainability).

## General conclusions

1. The analysis of scientific literature revealed the relationship between two important areas of scientific research, project portfolio management and sustainability. It was established that sustainability is becoming more and more important in the field of project portfolio management. There is a growing understanding that such projects which have positive impacts on the financial results of companies, the wellbeing of society and the environment should be executed.
2. Synergies between different sciences (economy, mathematics, and informatics) and research fields (modern portfolio theory and sustainability) give grounds for a qualitatively new tool for financial resource allocation in a project portfolio.
3. Through the application of appropriate multi-criteria decision-making methods, a composite sustainability index of a project was constructed that allows as-

sessing the level of sustainability of a particular project and comparing projects with each other when making financing decisions:

- 3.1. The index aggregates 15 indicators representing three dimensions of sustainability (four economic, six environmental and five social indicators).
  - 3.2. The value of a composite sustainability index of a project may range between 0 and 1. A higher value means a higher level of sustainability of a project.
4. A sustainability-oriented model of financial resource allocation in a project portfolio was developed by integrating a composite sustainability index of a project into Markowitz's mean-variance model:
    - 4.1. In the course of the evolution of modern portfolio theory, the traditional conflict between return and risk underlying Markowitz's portfolio theory transformed into a new paradigm which takes into account not only financial criteria but also sustainability. Thus, with the new conflicting criteria being added to the traditional risk and return criteria, multi-criteria decision-making methods have become irreplaceable. For the purpose of portfolio selection and resource allocation multi-objective optimisation is most commonly used as it allows finding a compromise between several conflicting criteria.
    - 4.2. The three criteria selected in the model allow decision-makers to decide on their optimal portfolio taking into account their respective preference with regard to return, risk and sustainability, i.e. they can decide what projects to finance, e.g. those providing the greatest value of sustainability of a portfolio, or those providing the highest return of a portfolio with the acceptable level of sustainability. The model is therefore better suited to express the individual and subjective preferences of decision-makers.
    - 4.3. Subject to certain modifications (i.e. substituting the proposed composite sustainability index of a project which is designed to assess the level of sustainability of a construction project with another index for measuring the sustainability of a project in any other economic sector), the proposed financial resource allocation model could be applied in allocating financial resources in companies operating in different economic sectors and implementing projects.
  5. The testing of the financial resource allocation model in a real company allowed verifying the practicability of this model and provided information about the impact of sustainability on the financial result of a project portfolio. The proposed model was applied in a construction company. Effective project portfolios were found using an open source environment for statistical computing. Research revealed that there is a statistically significant, strong linear correlation between sustainability and portfolio return (correlation coefficient  $-0.743$ ). The research findings also showed that the integration of sustainability into the model affects not only the return and risk of a portfolio but also the structure of a portfolio.

---

## Priedai<sup>\*</sup>

**A priedas.** Optimalūs projektų portfeliai

**B priedas.** Bendraautorės sutikimas teikti publikacijų medžiagą disertacijoje

**C priedas.** Autorės mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos

---

<sup>\*</sup>Priedai pateikiami pridėtoje kompaktinėje plokštelėje

Nomeda DOBROVOLSKIENĖ

FINANSINIŲ IŠTEKLIŲ PASKIRTYMAS  
PROJEKTŲ PORTFELYJE ATSIŽVELGIANT  
Į DARNUMO ASPEKTUS

Daktaro disertacija

Socialiniai mokslai,  
Ekonomika (04S)

FINANCIAL RESOURCE ALLOCATION  
IN A PROJECT PORTFOLIO TAKING INTO  
ACCOUNT SUSTAINABILITY  
CONSIDERATIONS

Doctoral Dissertation

Social Sciences,  
Economics (04S)

2016 10 10. 13,0 sp. l. Tiražas 20 egz.  
Vilniaus Gedimino technikos universiteto  
leidykla „Technika“,  
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius,  
<http://leidykla.vgtu.lt>  
Spausdino UAB „BMK leidykla“  
J. Jasinskio g. 16, 01112 Vilnius